МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

С.О. Лысцов, В.В. Соколов

СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА РЕАКТОРНОГО ОТДЕЛЕНИЯ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ С РУ В-320, ИХ НАЗНАЧЕНИЕ, ФУНКЦИИ, ЗАДАЧИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ, ПРИМЕНЯЕМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ. ПОДЛИННАЯ ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ, ДОВЕДЕНИЯ ДО РАБОТОСПОСОБНОГО СОСТОЯНИЯ, НАЛАДКИ, ЭКСПЛУАТАЦИИ И МОДЕРНИЗАЦИИ НА ПРИМЕРЕ ЗАПОРОЖСКОЙ АЭС

Учебно-методическое пособие

Севастополь
СевГУ
2025

УДК 697.9:621.039.58(075.8)
ББК 38.762:31.46я73
Л88

Р е ц е н з е н т :
К. Б. Матузаев – канд. техн. наук, доцент,
заведующий кафедрой «Ядерные энергетические установки»

Лысцов, С. О.

Л88 Системы вентиляции и кондиционирования воздуха реакторного отделения атомной электростанции с РУ В-320, их назначение, функции, задачи в технологическом процессе выработки электроэнергии и обеспечении безопасности, применяемое оборудование. Подлинная история создания, доведения до работоспособного состояния, наладки, эксплуатации и модернизации на примере Запорожской АЭС: учебно-методическое пособие / С. О. Лысцов, В. В. Соколов; Севастопольский государственный университет, Институт ядерной энергии и промышленности. – Севастополь: СевГУ, 2025. – 575 с.: ил. – Текст : электронный.

Дана развернутая характеристика типовой системы вентиляции и кондиционирования воздуха реакторного отделения атомной электростанции с РУ-320, особенности этой системы Запорожской АЭС, а также требования нормативных документов РФ.

УДК 697.9:621.039.58(075.8)
ББК 38.762:31.46я73

Рассмотрено и рекомендовано к изданию на заседании кафедры «Энергетические системы и комплексы традиционных и возобновляемых источников», протокол № 2 от 30 октября 2024 г.

© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2025

Содержание

Обозначения и сокращения 13
Термины и определения 20
Специфическая терминология в настоящем пособии 23
Предисловие 24
1 Общие сведения 26
1.1 О Запорожской АЭС 26
1.2 Источники выделения радионуклидов в воздух рабочей зоны помещений АС и их характеристика 26
1.2.1 Источники поступления радионуклидов в технологические контуры АС 26
1.2.2 Краткая характеристика аэрозолей 28
1.2.3 Краткая характеристика радионуклидов йода 28
1.2.4 Пути попадания радионуклидов в воздух рабочей зоны помещений АС 30
1.3 О терминах «фильтр аэрозольный», «фильтр йодный», «модификация», «модернизация», «реконструкция» и «техническое перевооружение» в настоящем пособии 32
1.4 Методы очистки воздуха от пыли, аэрозолей, йода и измерения эффективности 33
1.4.1 Методы очистки воздуха от пыли 33
1.4.2 Методы измерения эффективности фильтров общего назначения 33
1.4.3 Методы очистки воздуха от аэрозолей 34
1.4.4 Методы измерения эффективности фильтров аэрозольных 37
1.4.5 Методы и средства очистки воздуха от йода 41
1.4.6 Методы измерения эффективности адсорберов угольных 44
1.5 Методы очистки воздуха от ИРГ 46
1.6 Расчетные параметры наружного воздуха для систем вентиляции и кондиционирования воздуха АС 48
1.7 Нормируемые параметры внутреннего воздуха в помещениях АС 49
1.8 Сведения о жизнеобеспечении персонала БПУ и РПУ 50
2 Требования нормативных документов к системам и оборудованию вентиляции и кондиционирования воздуха 53
2.1 Виды нормативных документов 53
2.2 Нормы безопасности и издания МАГАТЭ 53
2.3 Добровольность и обязательность применения нормативных документов 54
2.4 Требования 184-ФЗ «О техническом регулировании» 54
2.5 Требования технических регламентов к оборудованию систем вентиляции и кондиционирования воздуха 55
2.5.1 Перечень технических регламентов 55
2.5.2 Требования ТР ТС 004/2011 55
2.5.3 Требования ТР ТС 020/2011 55
2.5.4 Требования ТР ТС 012/2011 55
2.5.5 Требования ТР ТС 010/2011 56
2.5.6 Сведения о ТР ТС 032/2013 56
2.6 Нормативные документы в области пожарной безопасности 57
2.6.1 Перечень нормативных документов 57
2.6.2 Требования 123-ФЗ 57
2.6.3 Требования СП 7.13130.2013 57

2.6.4 Требования СП 12.13130.2009 58
2.6.5 Требования ГОСТ 12.1.044 58
2.6.6 Требования ГОСТ 34720 58
2.6.7 Требования ГОСТ Р 70094 59
2.6.8 Требования ГОСТ Р 59642 59
2.6.9 Требования ГОСТ Р 53302 59
2.6.10 Требования ГОСТ Р 59637 59
2.6.11 Требования СП 432.1325800.2019 59
2.6.12 Требования СТО НОСТРОЙ/НОП 2.15.162 60
2.6.13 Сведения о EN 13501-3, EN 13501-4, СТБ EN 13501-3 и СТБ EN 13501-4 60
2.6.14 Сведения о классификации полимерных материалов по горючести 60
2.7 Требования нормативных документов к системам вентиляции помещений, в которых установлены АУГП 60
2.8 Требования нормативных документов к оборудованию систем вентиляции 61
2.8.1 Требования ГОСТ 5976 61
2.8.2 Требования ГОСТ 11442 62
2.8.3 Требования ГОСТ 12521 63
2.8.4 Требования ГОСТ Р 53673 63
2.8.5 Требования ГОСТ 34610 63
2.8.6 Требования ГОСТ 27330 63
2.8.7 Сведения о стандарте AMCA 99-2406 63
2.8.8 Сведения о стандарте ISO 13349-2 64
2.9 Требования нормативных документов к электрооборудованию 64
2.9.1 Общие сведения 64
2.9.2 Требования ГОСТ 12.2.007.0 64
2.9.3 Требования ГОСТ 14254 64
2.9.4 Требования ГОСТ Р 58698 65
2.9.5 Требования ГОСТ IEC 60034-1 65
2.9.6 Требования ГОСТ IEC 61293 65
2.9.7 Требования ГОСТ Р МЭК 60073 65
2.10 Требования нормативных документов к оборудованию систем вентиляции, предназначенного для применения в потенциально взрывоопасных средах 66
2.11 Требования нормативной документации к фильтрам воздушным 66
2.11.1 История требований к фильтрам воздушным в нормативной документации 66
2.11.2 Требования нормативной документации к фильтрам общего назначения 68
2.11.3 Требования нормативной документации к фильтрам высокоэффективным воздушным 70
2.12 Требования нормативных документов к оборудованию систем кондиционирования воздуха с холодильными системами и установками 71
2.12.1 Требования ГОСТ EN 378-1 71
2.12.2 Требования ГОСТ Р ЕН 378-2 72
2.12.3 Требования ГОСТ EN 378-3 72
2.12.4 Требования ГОСТ EN 378-4 72
2.12.5 Требования ГОСТ ISO 817 72
2.12.6 Требования ГОСТ Р 58541.2 72
2.12.7 Требования ГОСТ 32969 72
2.12.8 Требования ГОСТ 32970 72
2.12.9 Требования ГОСТ 32968 72

2.13 Требования к плотности вентиляционной арматуры ... 73
2.14 Требования НД к воздуховодам систем вентиляции и кондиционирования воздуха ... 75
2.14.1 Требования ГОСТ Р 70349 ... 75
2.14.2 Сведения о ВСН 353-86 ... 75
2.14.3 Сведения о РД 95 933-91 ... 75
2.14.4 Сведения о ГОСТ 24751 ... 75
2.15 Требования нормативных документов по эргономике ... 75
2.16 Нормативные документы по проектированию и эксплуатации АС ... 76
2.16.1 Основные нормативные документы по проектированию и эксплуатации АС ... 76
2.16.2 Нормативные документы, в которых имеются требования к системам вентиляции и кондиционирования воздуха АС ... 76
2.16.3 Нормативные документы по проектированию систем вентиляции и кондиционирования воздуха ... 77
2.17 Требования НП-001-15 к системам и элементам АС ... 77
2.17.1 Общие сведения ... 77
2.17.2 Системы (элементы), важные для безопасности ... 77
2.17.3 Защитные системы (элементы) безопасности ... 77
2.17.4 Управляющие системы (элементы) безопасности ... 78
2.17.5 Локализующие системы безопасности ... 78
2.17.6 Обеспечивающие системы безопасности ... 78
2.17.7 Классификация систем и элементов АС ... 78
2.18 Требования НП-021-15 ... 79
2.19 Требования НП-031-01 ... 79
2.19.1 Общие сведения ... 79
2.19.2 Требования НД к элементам АС различной категории сейсмостойкости ... 79
2.19.3 Общие сведения о поэтажных акселерограммах и спектрах ответа ... 80
2.19.4 Требования ГОСТ 30546.1 ... 80
2.20 Требования НП-002-15 ... 84
2.21 Требования СП 2.6.1.28-2000 (ПРБ АС-99) ... 84
2.22 Требования СП 2.6.1.2612-10 (ОСПОРБ-99/2010) ... 85
2.23 Требования СанПиН 2.6.1.24-03 (СП АС-03) ... 85
2.24 Требования НП-010-16 ... 86
2.25 Требования НП-036-23 ... 87
2.26 Требования НП-044-18 ... 95
2.27 Требования НП-045-18 ... 95
2.28 Требования НП-068-05 ... 95
2.29 Требования НП-087-11 ... 96
2.30 Требования НП-089-15 ... 96
2.31 Требования ГОСТ Р МЭК 60964 ... 96
2.32 Требования ГОСТ Р МЭК 60965 ... 97
2.33 Требования СТО 1.1.1.02.001.0673 ... 97
2.34 Требования ТМТ 1.1.3.04.1468-2018 ... 97
2.35 Требования СТО 1.1.1.01.0678 ... 98
2.36 Требования нормативной документации к адсорберам угольным ... 99
2.37 Опыт выполнения Запорожской АЭС требований НД Украины о наличии методик определения коэффициента очистки фильтров ... 100

2.38 Сведения о KTA 3601 ... 101
2.39 Сведения о ISO 26802:2010 ... 102
2.40 Кодирование оборудования и объектов АС ... 102
2.41 Анализ проектов нормативных документов ... 103
3 Принципиальные схемы систем вентиляции и кондиционирования воздуха ... 113
3.1 Общие сведения ... 113
3.2 Принципиальные схемы систем вентиляции и охлаждения герметичной части ... 113
3.3 Принципиальные схемы систем вентиляции и охлаждения транспортного коридора ... 113
3.4 Принципиальные схемы систем охлаждения фундаментной части и обстройки ... 114
3.5 Принципиальные схемы систем охлаждения проходок ... 115
3.6 Принципиальные схемы систем вытяжной вентиляции ЗКД ... 116
3.7 Принципиальные схемы систем вытяжной вентиляции ЗСД ... 119
3.8 Принципиальные схемы систем вентиляции кабельных этажей ... 120
3.9 Принципиальные схемы приточных систем вентиляции ... 121
3.10 Принципиальные схемы систем вентиляции помещений АБ ... 123
3.11 Принципиальные схемы систем кондиционирования воздуха ... 126
4 Проектные решения систем вентиляции и кондиционирования воздуха, их доведение до работоспособного состояния и модернизация ... 128
4.1 Классификация систем вентиляции и кондиционирования воздуха по нормам и правилам в атомной энергетике ... 128
4.2 Системы вентиляции и охлаждения герметичной части ... 132
4.2.1 Система охлаждения боксов ПГ и ГЦН TL01 и система охлаждения центрального зала TL04 ... 132
4.2.2 Система очистки воздуха герметичных помещений TL02 ... 136
4.2.3 Система охлаждения приводов СУЗ TL03 ... 137
4.2.4 Система охлаждения шахты реактора TL05 ... 139
4.2.5 Система поддержания разрежения в гермооболочке TL22, TL42 ... 140
4.2.6 Системы охлаждения проходок UV40, TL50 ... 142
4.3 Ремонтно-аварийные системы вентиляции гермооболочки ... 142
4.3.1 Ремонтно-аварийная вытяжная система вентиляции гермооболочки TL21 ... 142
4.3.2 Приточная система вентиляции гермооболочки TL41 ... 143
4.3.3 Системы воздухоснабжения пневмокостюмов в обстройке и в гермооболочке TL47, TL48 ... 145
4.4 Системы охлаждения помещений обстройки и фундаментной части ... 148
4.5 Системы вентиляции ЗКД ... 150
4.5.1 Система вентиляции из помещений ЗКД с двойной очисткой TL23 ... 150
4.5.2 Система вытяжной вентиляции из помещений КИП I контура TL27 ... 150
4.5.3 Система вытяжной вентиляции из шкафов лабораторий 1 контура TL28 ... 152
4.5.4 Вытяжная система вентиляции из помещений маслосистем подпиточных насосов TL29 ... 153
4.5.5 Системы вытяжной вентиляции TL24, TL25, TL26, TL30 ... 154
4.5.6 Системы приточной вентиляции помещений ЗКД ... 155
4.6 Системы вентиляции ЗСД ... 155
4.6.1 Системы вентиляции РУСН надежного питания UV21-UV23, UV41-UV43 ... 155
4.6.2 Системы вентиляции помещений аккумуляторных батарей (АБ) UV24-UV26, UV33, UV34, UV53, UV54 ... 157

4.6.3 Системы вытяжной вентиляции помещений ЗСД UV08, UV27-UV31, UV35, UV37, UV57 ... 163
4.6.4 Системы приточной вентиляции в помещения ЗСД ... 167
4.7 Системы кондиционирования воздуха ... 170
4.7.1 История появления систем кондиционирования воздуха в рабочей документации ... 170
4.7.2 Система кондиционирования воздуха РПУ UV01 ... 174
4.7.3 Система кондиционирования воздуха БПУ UV02 ... 176
4.7.4 Система кондиционирования воздуха помещений УВС UV04 ... 177
4.7.5 Система центрального кондиционирования воздуха помещений БПУ и УВС (БПУ, РПУ и УВС) UV06 ... 182
4.7.6 Система кондиционирования воздуха помещений УКТС и АКНП UV07 ... 186
4.7.7 Система кондиционирования воздуха помещений РУСН СБ UV09 ... 189
4.7.8 Система кондиционирования воздуха помещений АЗ, ПЗ, панелей СУЗ UV10 ... 196
4.7.9 Система кондиционирования воздуха помещения АБП УВС, пультовой полярного крана UV11 ... 198
4.7.10 Система кондиционирования воздуха помещений КИП 1 контура TL11 ... 200
4.7.11 Система кондиционирования воздуха МЩРК TL12 ... 201
4.7.12 Система кондиционирования воздуха пультовой перегрузочной машины TL16 ... 202
4.8 Аварийные системы вентиляции ... 204
4.8.1 История появления и модернизации противодымной вентиляции ... 204
4.8.2 Системы приточной противодымной вентиляции лестничных клеток и шахт лифтов TL44, UV58 ... 205
4.8.3 Система удаления продуктов сгорания из электротехнических помещений UV64 ... 210
4.8.4 Аварийная приточная система БПУ (БПУ и РПУ) UV55 ... 211
4.8.5 Аварийная приточная система вентиляции РПУ ... 215
4.9 Управление, автоматическое регулирование и контроль параметров систем вентиляции и кондиционирования воздуха ... 216
4.9.1 Управление и контроль параметров систем вентиляции ... 216
4.9.2 Блокировки систем вентиляции и кондиционирования воздуха ... 222
4.9.3 Уставки срабатывания защит и блокировок ... 228
4.9.4 Автоматическое регулирование температуры приточного воздуха ... 228
4.9.5 Установка термопреобразователей сопротивления для измерения температуры приточного воздуха ... 231
4.9.6 Примеры получения недостоверных показаний СИ ... 232
4.9.7 Контроль перепада давления воздуха на фильтрах аэрозольных и адсорберах угольных ... 233
4.9.8 Автоматическое поддержание разрежения в гермооболочке ... 238
4.9.9 Разделение СИ по каналам СБ ... 238
4.9.10 Радиационный контроль на системах вентиляции и вентиляционных трубах ... 239
5 Режимы работы систем вентиляции и кондиционирования воздуха ... 241
5.1 Требования ТРБЭ ... 241
5.2 Нормальная эксплуатация блока ... 243
5.2.1 Режим работы рециркуляционных систем охлаждения гермооболочки и фундаментной части ... 243

5.2.2 Режим работы ремонтно-аварийных систем вентиляции 243
5.2.3 Режим работы систем вентиляции и кондиционирования воздуха 243
5.2.4 Режим работы аварийных систем вентиляции 244
5.3 Останов блока 244
5.4 Нарушение нормальных условий эксплуатации 247
5.5 Возможные аварии 249
5.6 Работа систем вентиляции после ликвидации аварии 250
5.7 Режимные карты систем вентиляции и кондиционирования воздуха 252
6 Технологические связи систем вентиляции и кондиционирования воздуха 253
6.1 Каналы СБ 253
6.2 Система технического водоснабжения ответственных потребителей (группы «А») 253
6.3 Система технического водоснабжения неответственных потребителей (группы «В») 256
6.4 Система теплоснабжения 256
6.5 Системы холодоснабжения от ПЭМ 256
6.6 Автоматическая пожарная сигнализация (АПС) 257
6.7 Маслосистема ГЦН 262
6.8 Помещения ЗКД I и II категории радиационной опасности в обстройке РО 263
6.9 Помещения автономных кондиционеров и приточных вентцентров 263
6.10 Система горячего водоснабжения UT31 264
6.11 Базовые шкафы УКТС 264
6.12 Коллекторы вытяжных систем вентиляции TL21-TL30 265
6.12.1 Конфигурация коллекторов вытяжных систем вентиляции TL22-TL30 265
6.12.2 Плотность коллекторов вытяжных систем вентиляции TL21-TL30 267
6.13 Вентиляционная труба 267
6.14 Противопожарные перегородки и двери в коридорах фундаментной части 269
6.15 Подшивные короба 272
6.16 Охлаждаемые проходки 272
6.17 Шкафы вытяжные и боксы радиационно-защитные 272
6.18 Проемы для аварийного сброса пара из помещения АВ820 в машзал 273
6.19 Помещения с автоматическим газовым пожаротушением 275
6.20 Система спецгазоочистки (СГО) 275
6.21 Помещения КИП I контура 276
6.22 «Чистая» и «грязная» закрытая эстакада. 278
6.23 Система принудительного сброса давления в гермооболочке 279
7 Отступления от требований нормативной документации, причины и последствия 281
7.1 Отступления от требований общих положений обеспечения безопасности 281
7.1.1 Расположение в одних помещениях оборудования систем кондиционирования воздуха каналов СБ и СНЭ 281
7.1.2 Расположение в одних помещениях оборудования систем кондиционирования воздуха различных каналов СБ 282
7.2 Отступления от требований правил радиационной безопасности 283
7.2.1 Объединение воздуховодами вентиляционных систем помещений, различных по категории обслуживания 283
7.2.2 Невозможность поддержания нормируемой скорости движения воздуха в открываемых проемах периодически обслуживаемых помещений 284

7.2.3 Невозможность поддержания нормируемого разрежения в помещениях ЗКД I и II категории радиационной опасности в обстройке ... 284
7.3 Отступления от требований правил пожарной безопасности ... 284
7.3.1 Системы вентиляции помещений АБ ... 284
7.3.2 Системы вентиляции вытяжных венткамер из помещений категории взрывопожарной и пожарной опасности В ... 285
7.3.3 Удаление газов и дыма после пожара из помещений с АУГП ... 286
7.4 Невозможность доступа к оборудованию без нарушения правил охраны труда ... 287
8 Оборудование для систем вентиляции и кондиционирования воздуха ... 289
8.1 Вентиляторы ... 289
8.1.1 Вентиляторы дутьевые ВДНА-15 и вентиляторы мельничные ВМА-15 ... 289
8.1.2 Агрегаты вентиляторные сейсмостойкие ВДНА-нж-15с ... 292
8.1.3 Электродвигатели для вентиляторов систем охлаждения гермооболочки ... 296
8.1.4 Вентиляторные агрегаты ВДНА-нж-17с с защитной плитой ... 300
8.1.5 Вентиляторы низкого давления ВЦ4-70 (ВЦ4-75, ВЦ4-76) ... 302
8.1.6 Вентиляторы среднего давления ВЦ14-46 ... 302
8.1.7 Вентиляторы высокого давления ВЦ10-28 ... 303
8.1.8 Вентиляторы дутьевые ВДН ... 305
8.1.9 Вентиляторы судовые ЦС, ЦСУ, РСС ... 306
8.1.10 Вентиляторы осевые 06-300 ... 306
8.1.11 Вентиляторы осевые ОСА ... 307
8.1.12 Виброизоляторы вентиляторов радиальных ... 307
8.2 Теплообменники ... 307
8.2.1 Воздухонагреватели ... 307
8.2.2 Воздухонагреватели с электрическим нагревом ... 308
8.2.3 Воздухоохладители ... 308
8.3 Арматура ... 319
8.3.1 Клапаны герметичные вентиляционные ... 319
8.3.2 Клапаны воздушные комбинированные запорно-обратные ... 320
8.3.3 Клапаны локализующие ... 324
8.3.4 Клапаны обратные ... 329
8.3.5 Клапаны воздушные утепленные ... 329
8.3.6 Заслонки воздушные ... 329
8.3.7 Клапаны противопожарные и дымовые ... 330
8.3.8 Клапаны избыточного давления (КИД) ... 335
8.3.9 Противовзрывные устройства ... 340
8.4 Фильтры очистки воздуха общего назначения, фильтры аэрозольные, адсорберы угольные, приспособления и корпуса для установки фильтров ... 341
8.4.1 Фильтры ячейковые ... 341
8.4.2 Фильтры рулонные ... 343
8.4.3 Фильтры аэрозольные Д-23кл, А-17 и аналоги ... 343
8.4.4 Фильтры аэрозольные ФАРТОС ... 345
8.4.5 Фильтры аэрозольные ФРА-95-10М ... 348
8.4.6 Фильтры аэрозольные В-2 ... 349
8.4.7 Фильтры аэрозольные сорбирующие йодные ФАИ-3000 ... 350
8.4.8 Адсорберы угольные ... 350
8.4.9 Приспособление для смены и установки фильтров ПСФ-У-3 ... 353

8.4.10 Корпуса металлические Ду350 ... 355
8.5 Электродвигатели для оборудования систем вентиляции и кондиционирования воздуха ЗСД и ЗКД ... 358
8.6 Электроприводы ... 358
8.7 Автономные кондиционеры ... 358
8.8 Приточные камеры ... 365
8.9 Центральные кондиционеры ... 366
8.10 Передвижные вентиляционные установки ... 366
8.11 Воздуховоды ... 370
8.11.1 Изготовление воздуховодов ... 370
8.11.2 Опоры воздуховодов ... 371
8.11.3 Огнезащита воздуховодов ... 371
8.11.4 Антикоррозионная защита ... 372
9 Монтаж оборудования систем вентиляции и кондиционирования воздуха при строительстве блоков и выполнении работ по их модернизации ... 373
9.1 Организация работ по приемке оборудования и систем из монтажа ... 373
9.2 Использование информации, полученной при СМР и ПНР ... 373
9.3 Изменения, внесенные в рабочую документацию путем выпуска чертежей ГРП ... 373
9.4 Площадки обслуживания ... 374
9.5 Фундаменты под оборудование систем вентиляции и кондиционирования воздуха ... 374
9.6 Дефекты закладных деталей ... 375
9.7 Временная вентиляция при выполнении СМР ... 375
9.8 Монтаж клапанов противопожарных и дымовых ... 376
9.8.1 Общие сведения о монтаже клапанов противопожарных и дымовых ... 376
9.8.2 Указания к монтажу клапанов частично внутри строительных конструкций ... 376
9.8.3 Указания к монтажу клапанов снаружи строительных конструкций ... 376
9.8.4 Монтаж клапанов противопожарных на транзитных воздуховодах ... 377
9.9 Монтаж импульсных трубопроводов от СИ для контроля давления воздуха на выходе вентилятора радиального ... 378
9.10 Установка клапанов обратных на выходе из вентилятора радиального ... 379
10 Инженерное обеспечение эксплуатации систем вентиляции и кондиционирования воздуха АС ... 380
10.1 Ведение паспортов систем вентиляции и кондиционирования воздуха ... 380
10.2 Разработка эксплуатационной документации ... 380
10.2.1 Исходные данные для разработки эксплуатационной документации ... 380
10.2.2 Общие требования к эксплуатационной документации ... 381
10.2.3 О перечне помещений и планах по отметкам объектов АС ... 381
10.2.4 Требования к инструкциям по эксплуатации ... 383
10.2.5 Требования к эксплуатационным схемам ... 383
10.2.6 Требования к альбомам схем ... 385
10.2.7 Требования к перечням оборудования ... 397
10.2.8 О необходимости в разработке перечня СИ ... 398
10.3 Разработка программ проведения проверок систем вентиляции и кондиционирования воздуха на соответствие проектным характеристикам ... 399
10.3.1 Общие требования ... 399
10.3.2 Требования к СИ для включения в программы проверок и испытаний ... 401

10.3.3 Разработка программ проведения проверок систем охлаждения герметичной части на соответствие проектным характеристикам ... 402
10.3.4 Проверка перепада давления воздуха на теплообменниках, фильтрах и адсорберов угольных ... 404
10.3.5 Испытания систем противодымной вентиляции ... 405
10.3.6 Проверка эффективности фильтров аэрозольных и адсорберов угольных ... 406
10.3.7 Проверка результатов испытаний систем и оборудования сторонними организациями ... 407
10.4 Разработка программ и процедур входного контроля продукции ... 410
10.5 Составление технических заданий на разработку рабочей документации ... 411
10.6 Разработка ремонтной документации ... 422
10.7 Об устранении замечаний к разработанным документам ... 423
11 Разработка технических заданий на закупку оборудования и материалов ... 424
11.1 Общие требования ... 424
11.2 О взаимозаменяемости оборудования ... 425
11.3 О стойкости оборудования к внешним механическим воздействиям ... 426
11.4 Разработка технического задания на закупку вентиляторов ... 426
11.5 Разработка технического задания на закупку воздухонагревателей ... 427
11.6 Разработка технического задания на закупку воздухонагревателей с электрическим нагревом ... 427
11.7 Разработка технического задания на закупку воздухоохладителей ... 427
11.8 Разработка технического задания на закупку кондиционеров автономных ... 428
11.9 Разработка технического задания на закупку кондиционеров центральных ... 428
11.10 Разработка технического задания на закупку фильтров воздушных общего назначения ... 437
11.11 Разработка технического задания на закупку фильтров аэрозольных ... 438
11.12 Разработка технического задания на закупку адсорберов угольных ... 439
11.13 Разработка технического задания на закупку клапанов противопожарных и дымовых ... 439
11.14 Разработка технического задания на закупку арматуры воздушной (кроме локализующей) ... 440
11.15 Разработка технического задания на закупку локализующей арматуры ... 441
11.16 Разработка технического задания на закупку воздуховодов ... 441
12 Проверка документации на оборудование, разработанной проектными организациями, другими подразделениями АС и предприятиями-изготовителями ... 442
12.1 Общие данные ... 442
12.2 Характерные ошибки в ТУ на оборудование ... 442
12.2.1 Упоминание об обеспечении ядерной безопасности ... 442
12.2.2 Неправильные формулировки в части класса безопасности и категории сейсмостойкости ... 442
12.2.3 Указание класса безопасности 2 для оборудования, не являющегося локализующей арматурой ... 443
12.2.4 Отсутствие технических характеристик продукции и методов их проверок ... 443
12.2.5 Указание невыполнимых технических характеристик ... 444
12.2.6 Указание в ТУ технических характеристик, не представляющих ценности для Заказчика ... 447
12.2.7 Указание в условных обозначениях и/или опросных листах класса безопасности и категории сейсмостойкости ... 448

12.2.8 Неудачно сформулированные требования 448
12.2.9 Примеры частных ошибок в ТУ 449
12.3 Характерные ошибки в ТЗ и ИТТ 450
13 Некоторые вопросы применения оборудования систем вентиляции и кондиционирования воздуха 459
13.1 Обдув электродвигателей и электроприводов 459
13.2 Капитальный ремонт и модернизация адсорберов угольных 460
13.3 О поддержании избыточного давления воздуха в помещениях щитов управления и АСУТП 467
13.4 Проверка герметичности помещений 469
13.4.1 Вакуумирование ЛСБ-СГО 469
13.4.2 Проверка герметичности помещений с АУГП 469
13.5 О нормированных подсосах воздуха через неплотности клапанов дымовых и воздуховодов в системах вытяжной противодымной вентиляции 471
13.6 Об алгоритмах управления системами приточной противодымной вентиляции 478
13.7 Об обеспечении нормируемой скорости движения воздуха в шлюзах гермооболочки 479
13.8 О требованиях нормативных документов к ПФВУ 480
13.9 О требованиях нормативных документов к системам воздухоснабжения пневмокостюмов 481
13.10 О холодопроизводительности автономных кондиционеров при стандартных условиях и реальных условиях эксплуатации на АС 483
13.11 О значениях перепада давления воздуха на фильтрах (адсорберах угольных) 487
13.12 О значениях перепада давления воздуха на фильтрах аэрозольных, предназначенных для работы в режиме самоочищения 488
13.13 О зависимости перепада давления воздуха на фильтрах аэрозольных и адсорберах угольных от объемного расхода воздуха через них 489
13.14 О типах контроллеров в составе автономного кондиционера 490
14 Рекомендации по входному контролю рабочей документации 493
15 Современное оборудование систем вентиляции и кондиционирования воздуха 501
15.1 Общие сведения 501
15.2 Рециркуляционно-охладительные установки (РОУ) 501
15.3 Модифицированные клапаны запорно-обратные комбинированные 502
15.4 Йодные фильтры-адсорберы АУИ-1500 ВМО 503
15.5 Устройства перекрытия вентиляционного канала (УПВК) 504
15.6 Установки жизнеобеспечения персонала 505
15.7 Баллонные станции систем жизнеобеспечения 506
15.8 Станция фильтровальная 507
15.9 Система фильтров адсорбционных 510
15.10 Кондиционеры центральные каркасно-панельные 511
Послесловие 514
Приложение А Сведения о клапанах противопожарных и дымовых, соответствующих стандартам документам ЕС и РБ 515
Приложение Б Сведения о стандарте AMCA 99-2406 520
Приложение В Сведения о стандарте ISO 13349-2 522

Приложение Г Спектры реакции на отм. 24,600 при МРЗ и на отм. 41,400 при ПЗ реакторного отделения блоков № 1, 2 524
Приложение Д Условные обозначения на схемах систем вентиляции и кондиционирования воздуха 527
Приложение Е Принципиальные схемы систем вентиляции и охлаждения гермооболочки 530
Приложение Ж Результаты измерения пусковых токов электродвигателей вентиляторов систем TL02 и TL04 блоков № 1, 5 533
Приложение И Результаты регистрации температуры и относительной влажности воздуха в помещениях гермооболочки блока № 1 536
Приложение К Примеры режимных карт систем вентиляции и кондиционирования воздуха 538
Приложение Л Схема временной вентиляции помещений АЭ408/1-3, АЭ438/1-3 при выводе в ремонт каналов СБ 546
Приложение М Схемы установки клапанов дымовых и противопожарных 547
Приложение Н Примеры эксплуатационных схем систем теплоснабжения по установившимся требованиям и СТО 1.1.1.01.003.0779 551
Приложение П Выписка из руководства по техническому обслуживанию и ремонту клапанов противопожарных и дымовых PKTMD-120 исполнения .40 556
Приложение Р Пример вкладыша в паспорт системы вентиляции 562
Приложение С Примеры планов-схем расположения оборудования 563
Перечень использованной литературы 565

Обозначения и сокращения

В настоящем учебном пособии (далее – пособии) приняты следующие сокращения:

ALARA	As Low As Reasonably Achievable [настолько низко, насколько это разумно достижимо]
AMCA	Air Moving and Conditioning Association [Ассоциация предприятий по производству оборудования для вентиляции и кондиционирования воздуха]
CEN	Comité Européen de Normalisation [Европейский комитет по стандартизации]
DEHS	бис-(2-этилгексиловый) эфир себациновой кислоты (диэтилгексилсебацинат, $C_{26}H_{50}O_4$)
DOP	бис-(2-этилгексиловый) эфир фталевой кислоты (диоктилфталат)
EPA	Efficient Particulate Air filter [эффективный воздушный фильтр]
Ex-компонент	часть взрывозащищенного электрооборудования, которую отдельно во взрывоопасной среде не используют
HEPA	High Efficient Particulate Air filter [высокоэффективный воздушный фильтр]
IEC	International Electrotechnical Commission [Международная электротехническая комиссия, МЭК]
ILO	International Labour Organization [Международная организация труда]
ISO	International Organization for Standardization [Международная организация по стандартизации]
KKS	Kraftwerk Kennzeichen System [система кодирования для электростанций]
MPPS	Most penetrating particle size [размер наиболее проникающих частиц]
PSL	полистирольный латекс (сферические твердые частицы)
TR	Technical Report [технический отчет]
TÜV	Technische Überwachungs-Verein [Объединение технического надзора]
UL	Underwriters Laboratories Inc. [Лаборатория по технике безопасности]
ULPA	Ultra Low Penetration Air filter [сверхвысокоэффективный воздушный фильтр]
АБ	аккумуляторная батарея
АБП	агрегат бесперебойного питания
АВР	автоматический ввод резерва
АДП	аналогово-дискретный преобразователь
АЗ	аварийная защита
АКНП	аппаратура контроля нейтронного потока
АО «Концерн Росэнергоатом»	Акционерное общество «Российский концерн по производству электрической и тепловой энергии на атомных станциях»
АО «НПФ «ЦКБА»	Акционерное общество «Научно-производственная фирма «Центральное конструкторское бюро арматуростроения»
АПС	автоматическая пожарная сигнализация
АПЭН	аварийный питательный электронасос
АС	атомная станция
АСОиТП	автоматические системы обнаружения и тушения пожаров

АСП	автоматика ступенчатого пуска
АСРК	автоматизированная система радиационного контроля
АСУТП	автоматизированная система управления технологическими процессами
АТЭП	Атомтеплоэнергопроект
АУГП	установка газового пожаротушения автоматическая
АХОВ	аварийно опасное химическое вещество
АЭП	Атомэнергопроект
АЭУ	атомная энергетическая установка
БВ	бассейн выдержки
БМП	бассейн мокрой перегрузки
БНС	блочная насосная станция
БРУ-А	быстродействующая редукционная установка (перепуска пара) в атмосферу
БСЖО	баллонная станция систем жизнеобеспечения
БУЗ	блок управления задвижками
БУИМ	блок управления исполнительными механизмами
БПУ	блочный пункт управления
в/а	вентагрегат
ВАБ	вероятностный анализ безопасности
ВАГ	верхняя аварийная граница
ВВЭР	водо-водяной энергетический реактор
ВНИИНМ	Всесоюзный научно-исследовательский институт неорганических материалов им. А.А. Бочвара
ВРГ	верхняя регламентная граница
ВРД	ведомственный руководящий документ
ВРК	внутриреакторный контроль
ВСН	ведомственные строительные нормы
ВТ	вентиляционная труба
ВУ	выпрямительное устройство
ГКД	галузевий керівний документ [отраслевой руководящий документ]
ГМТА	гексаметилтетрамин, уротропин $(CH_2)_6N_4$
ГНЦ РФ ФЭИ	Федеральное государственное унитарное предприятие Государственный научный центр Российской Федерации Физико-энергетический институт им. А.И. Лейпунского
ГО	герметичная оболочка
ГОСТ	межгосударственный стандарт
ГОСТ Р	национальный стандарт РФ
ГОСТ Р ЕН	национальный стандарт РФ, идентичный международному стандарту EN
ГОСТ Р ИСО	национальный стандарт РФ, идентичный международному стандарту ISO
ГОТВ	газовое огнетушащее вещество
ГП «НАЭК «Энергоатом»	Государственное предприятие «Национальная атомная энергогенерирующая компания «Энергоатом» (Украина)
ГПМ	грузоподъемные механизмы

ГРО	газообразные радиоактивные отходы
ГРП	группа рабочего проектирования
ГРЭС	государственная районная электростанция
ГСЧС	Государственная служба по чрезвычайным ситуациям [Украины]
ГЦН	главный циркуляционный насос
ДГ	дизель-генератор
ДЖН	долгоживущие радионуклиды
ДМАБ	дополнительные материалы по анализу безопасности
ДОА	допустимая объемная активность
ДСП	Державні санітарні правила [Государственные санитарные правила]
ДСТУ	Национальный стандарт Украины
ДСТУ EN	Национальный стандарт Украины, идентичный европейскому стандарту EN
ЕБРР	Европейский банк реконструкции и развития
ЕС	Европейский Союз
ЕСКД	Единая система конструкторской документации
Запорожская АЭС	Дирекция строящейся Запорожской АЭС (до 1984 года)
	Запорожская атомная электрическая станция «Союзатомэнерго» Министерства энергетики СССР (1984-1986 годы)
	Запорожская атомная электрическая станция Министерства атомной энергетики СССР (1986-1991 годы)
	Производственное объединение «Запорожская атомная электрическая станция» (1991-1993 годы)
	Запорожская атомная электрическая станция Государственного комитета по атомной энергетике Украины (1993-1995 годы)
	Обособленное подразделение Государственного предприятия «Национальная атомная энергогенерирующая компания «Энергоатом» Запорожская АЭС (1995-2022 годы)
	Обособленное подразделение Акционерного общества «Эксплуатирующей организации ЗАЭС» Запорожская АЭС (с 2022 года)
ЗЛА	зона локализации аварий
ЗКД	зона контролируемого доступа
ЗПА	запроектная авария
ЗПУПД	защищенный пункт управления противоаварийными действиями
ЗС ГО	защитное сооружение гражданской обороны
ЗСД	зона свободного доступа
ИДП	исходные данные для проектирования
ИОТ	инструкция по охране труда
ИПУ КД	импульсно-предохранительное устройство компенсатора давления
ИРГ	инертные радиоактивные газы
ИТТ	исходные технические требования
ИФАЗ	Ивано-Франковский арматурный завод
КВРР	ключ выбора режима работы

КД	конструкторская документация
КИП	контрольно-измерительные приборы
КМС	коэффициент местного сопротивления
КПД	коэффициент полезного действия
КСН	коллектор собственных нужд
КУ	контрольный уровень
КШ	кабельная шахта
ЛСБ	локализирующая система безопасности
МАГАТЭ	Международное агентство по атомной энергии
МВД	Министерство внутренних дел
МЗС	малогабаритная защитная секция
МИ	методика измерений
МИА	минимальная измеряемая активность
Минсредмаш	Министерство среднего машиностроения СССР
Минэнерго	Министерство энергетики СССР
МКУ	минимально контролируемый уровень [мощности]
МО	Министерство обороны
МОЛ	материалы обоснования безопасности для получения лицензии
МРЗ	максимальное расчетное землетрясение
МУ	методические указания
МЧС РФ	Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий
МЧС Украины	Министерство Украины по вопросам чрезвычайных ситуаций и в делах защиты населения от последствий аварии на Чернобыльской АЭС
МЩРК	местный щит радиационного контроля
МЩУ	местный щит управления
МЭД	мощность эквивалентной дозы [гамма-излучения]
НАГ	нижняя аварийная граница
НКПРП	нижний концентрационный предел распространения пламени
НМУ ЭЮМ	наладочно-монтажное управление треста «Электроюжмонтаж»
ННЦ ХФТИ	Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт»
НОП	Национальное объединение проектировщиков
НОСТРОЙ	Национальное объединение строителей
НРГ	нижняя регламентная граница
НСЦ АЭС (ЦРБ)	начальник смены цеха атомной электростанции оперативный персонал службы эксплуатации цеха радиационной безопасности
ОА	объемная активность
ОВ	отопление и вентиляция
ОИАЭ	объект использования атомной энергии
ОЛПП	опросный лист проектной потребности

ОКБ ГП	Особое конструкторское бюро по конструкциям гидропаропрессового оборудования, ОКБ «Гидропресс»
ООО «НПП «НКЭМехЗ»	Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственное предприятие «Новокаховский электромеханический завод»
ОП АЭМ	Обособленное подразделение «Атомэнергомаш» Государственного предприятия «Национальная атомная энергогенерирующая компания «Энергоатом»
ОСПОРБ	Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности
ОЦНТ	Обнинский центр естественных наук и технологий
ПА	проектная авария
ПБ	пожарная безопасность
ПБЭ	предел безопасной эксплуатации
ПГ	парогенератор
ПГАСиА	Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры
ПЗ	проектное землетрясение
ПИП	преобразователь измерительный первичный
ПНР	пусконаладочные работы
ПОТ	Правила охраны труда
ППБ	Правила пожарной безопасности
ППНЧ	практический предел концентрации холодильного агента при нахождении человека в помещении
ППР	планово-предупредительный ремонт; проект производства работ
ПТК	программно-технический комплекс
ПТС	производственно-техническая служба
ПТЭ	правила технической эксплуатации
ПУЭ	Правила устройства электроустановок
ПФВУ	передвижная фильтровентиляционная установка
ПЭМ	пароводяная эжекторная холодильная машина
РБ	Республика Беларусь
РВО	ремонт вентиляционного оборудования
РМГ	рекомендации по межгосударственной стандартизации
РМО	рабочее место оператора
РО	реакторное отделение
РОУ	рециркуляционно-охладительная установка
РУ	реакторная установка
РУСН	распределительное устройство собственных нужд
РПУ	резервный пункт управления
СанПиН	санитарные правила и нормы
САОЗ	система аварийного орошения зоны
САЭ	система аварийного электроснабжения
СБ	система безопасности
СВБ	система, важная для безопасности
СГО	система герметичного ограждения, система спецгазоочистки

СГТ	служба главного технолога
СИ	средство измерений
СИЗ	средство индивидуальной защиты
СИЗОД	средство индивидуальной защиты органов дыхания
СКБ ВТИ	Специальное конструкторское бюро Всесоюзного теплотехнического научно-исследовательского института им. Ф.Э. Дзержинского
СМР	строительно-монтажные работы
СНиП	строительные нормы и правила
СНЭ	система нормальной эксплуатации
СП	Свод правил
СП АС	Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций
СПП	сепаратор-пароперегреватель
СПСД	система принудительного сброса давления
СРО	саморегулируемая организация
ССБТ	Система стандартов безопасности труда
СТБ	Национальный стандарт Республики Беларусь
СТО	стандарт организации
СТП	стандарт предприятия
ТВЭЛ	тепловыделяющий элемент
ТЗ	техническое задание
ТЗБ	технологические защиты и блокировки
ТЗБиС	технологические защиты, блокировки и сигнализация
ТК	температурный контроль
ТО	техническое обслуживание
ТОБ	техническое обоснование безопасности
ТР	технический регламент
ТРБЭ	технологический регламент безопасной эксплуатации
ТРВ	терморегулирующий вентиль
ТС	Таможенный союз
ТСА	техническое средство автоматизации
ТТК	теплотехнический контроль
ТУ	технические условия
ТУ У	технические условия Украины
ТЭА (TEA)	триэтаноламин ($C_6H_{15}NO_3$)
ТЭДА (TEDA, DABCO)	триэтилендиамин ($C_6H_{12}N_2$)
ТЭМЗ	Троицкий электромеханический завод им. В.В. Вахрушева
ТЭН	трубчатый электронагреватель
УБЭ	условия безопасной эксплуатации
УЗС	универсальная защитная секция
УКС	управление капитального строительства
УКТС	унифицированный комплекс технических средств

УПВК	устройство перекрытия вентиляционного канала
ЦВиК	цех вентиляции и кондиционирования воздуха
ЦКТИ	Центральный котлотурбинный институт им. И.И. Ползунова
ЦРБ	цех радиационной безопасности
ЭВ	энерговыделение (в активной зоне реактора)
ЭВМ	электронно-вычислительная машина
ЭП	эксплуатационное подразделение
ЭПУ	эффективное пиковое ускорение
ЭХМЗ	Электростальский химико-механический завод
ЯУ	ядерная установка

Термины и определения

В настоящем пособии применены следующие термины и определения:

Акселерограмма

Зависимость ускорения колебаний от времени (НП-031-01).

Акселерограмма землетрясения

Акселерограмма на свободной поверхности грунта при землетрясении (НП-031-01).

Арматура трубопроводная быстродействующая

Арматура защитная с временем срабатывания не более 10 с (НП-068-05).

Аэрозоль

Стабильная взвесь жидких или твердых частиц в воздухе, как правило, с размерами менее 100 мкм (ГОСТ Р ЕН 14799-2013).

Взвешенные частицы PM (particulate matter)

Твердые частицы или частицы жидкости, взвешенные в атмосферном воздухе (ГОСТ Р 70064.1).

Взвешенные частицы PM_1 (particulate matter PM_1)

Взвешенные частицы, проходящие через селективный к размеру частиц входной воздуховод устройства отбора проб, обеспечивающий отсеивание частиц с аэродинамическим диаметром менее 1 мкм с эффективностью 50% (ГОСТ Р 70064.1).

Взвешенные частицы $PM_{2,5}$ (particulate matter $PM_{2,5}$)

Взвешенные частицы, проходящие через селективный по отношению к размеру частиц входной воздуховод устройства отбора проб, обеспечивающий отсеивание частиц с аэродинамическим диаметром менее 2,5 мкм с эффективностью 50% (ГОСТ Р 70064.1).

Взвешенные частицы PM_{10} (particulate matter PM_{10})

Взвешенные частицы, проходящие через селективный к размеру частиц входной воздуховод устройства отбора проб, обеспечивающий отсеивание частиц с аэродинамическим диаметром менее 10 мкм с эффективностью 50% (ГОСТ Р 70064.1).

Детонационный взрыв

Взрыв, при котором воспламенение последующих слоев взрывчатого вещества происходит в результате сжатия и нагрева ударной волной, характеризующейся тем, что ударная волна и зона химической реакции следуют неразрывно друг за другом с постоянной сверхзвуковой скоростью (ГОСТ Р 22.0.08).

Дефлаграционный взрыв

Взрыв, при котором нагрев и воспламенение последующих слоев взрывчатого вещества происходит в результате диффузии и теплоотдачи, характеризующийся тем, что фронт волны сжатия и фронт пламени движутся с дозвуковой скоростью (ГОСТ Р 22.0.08).

Код IP

Система кодификации, применяемая для обозначения степеней защиты, обеспечиваемых оболочкой, от доступа к опасным частям, попадания внешних твердых предметов, воды, а также для предоставления дополнительной информации, связанной с такой защитой (ГОСТ 14254).

Максимальное расчетное землетрясение (МРЗ)

Землетрясение максимальной интенсивности на площадке АС с повторяемостью один раз в 10 000 лет (НП-031-01).

Модернизация

Работы по улучшению (повышению) первоначально принятых нормативных показателей функционирования объектов основных средств, например, срока полезного использования, мощности, качества применения и т.д. (СТО 1.1.1.04.003.0542).

Опасная часть

Часть оборудования, приближаться либо прикасаться к которой опасно, обладающая признаками опасного производственного фактора (ГОСТ 14254).

Опасный производственный фактор

Производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях, приводит к травме или другому внезапному резкому ухудшению здоровья (ГОСТ 12.0.002).

Проектная документация

Документация, разрабатываемая на первой стадии при двухстадийном архитектурно-строительном проектировании, являющаяся объектом интеллектуальной собственности и содержащая материалы в текстовой и графической формах и (или) в форме информационной модели и определяющая архитектурные, функционально-технологические, конструктивные, технико-экономические и инженерно-технические решения для обеспечения строительства, реконструкции, сноса объектов капитального строительства, их частей, капитального ремонта (в том числе для линейных объектов) (СП 48.13330.2019).

Проектные документы первого этапа

Часть проектной документации, выполненная в объеме, необходимом для получения лицензии на сооружение АС и заказа оборудования (СТО СРО-П 60542948 00047).

Проектная документация второго этапа

Комплект проектной документации, выполненной на основании исходных данных для проектирования, предоставленных поставщиком оборудования, условий действия лицензии на сооружение в объеме, необходимом для прохождения государственной экспертизы проектной документации и получения разрешения на строительство, по составу и содержанию соответствующий постановлению Правительства РФ от 16.02.2008 № 87 (СТО СРО-П 60542948 00047).

Проектное землетрясение (ПЗ)

Землетрясение максимальной интенсивности на площадке АС с повторяемостью один раз в 1000 лет (НП-031-01).

Рабочая документация

Документация, разрабатываемая на второй стадии при двухстадийном проектировании в целях реализации в процессе строительства архитектурных, технических и функционально-технологических решений, содержащихся в проектной документации, и состоящая из документов в текстовой форме, рабочих чертежей с детальной проработкой узлов, спецификаций оборудования, изделий и материалов, необходимых для производства строительно-монтажных работ, обеспечения строительства оборудованием, изделиями и материалами и (или) изготовления строительных изделий (СП 48.13330.2019).

Реконструкция

Изменение параметров существующих объектов основных средств, связанное с совершенствованием производства и повышением его технико-экономических показателей и осуществляемое по проекту реконструкции основных средств в целях увеличения производственных мощностей, улучшения качества и изменения номенклатуры продукции (СТО 1.1.1.04.003.0542).

Сейсмостойкость элементов АС

Свойство элементов АС сохранять при землетрясении способность выполнять заданные функции в соответствии с проектом (НП-031-01).

Спектр ответа (реакции)

Совокупность абсолютных значений максимальных ответных ускорений линейного осциллятора при заданном акселерограммой воздействии с учетом собственной частоты и параметра демпфирования осциллятора (НП-031-01).

Спектр ответа поэтажный

Совокупность абсолютных значений максимальных ответных ускорений линейного осциллятора при заданном поэтажной акселерограммой воздействии (НП-031-01).

Степень защиты

Способ защиты, обеспечиваемый оболочкой от доступа к опасным частям, попадания внешних твердых предметов и (или) воды и проверяемый стандартными методами испытаний (ГОСТ 14254).

Техническое перевооружение

Комплекс мероприятий по повышению технико-экономических показателей основных средств или их отдельных частей на основе внедрения передовой техники и технологии, механизации и автоматизации производства, модернизации и замены морально устаревшего и физически изношенного оборудования новым, более производительным (Налоговый Кодекс РФ).

Фильтр

Элемент системы вентиляции (устройство), который с помощью составных частей осуществляет очистку вентиляционного воздуха от примесей (НП-036-23).

Специфическая терминология в настоящем пособии

Ниже приведены ранее употребляемые специфические термины, которые могут встречаться в документации, и их аналоги согласно нормативным документам РФ:

Ранее употребляемые термины	Употребляемые сейчас термины
Аппарат	Реактор
Атомная электрическая станция или АЭС	Атомная станция или АС
Блочный щит управления или БЩУ	Блочный пункт управления или БПУ
Гражданская защита	Гражданская оборона
«Грязная» зона	Зона контролируемого доступа или ЗКД
Зимний период года	Холодный период года
Зона свободного режима	Зона свободного доступа или ЗСД
Зона строгого режима	Зона контролируемого доступа или ЗКД
Калорифер	Воздухонагреватель
Клапан герметичный	Затвор дисковый
Клапан огнезадерживающий	Клапан противопожарный
Класс огнестойкости	Предел огнестойкости
Концептуальное решение	Решение
Летний период года	Теплый период года
Межремонтные проверки	Эксплуатационные проверки
Подпор	Избыточное давление воздуха
Проект	Рабочая документация
Рабочее место оператора-технолога или РМОТ	Рабочее место оператора или РМО
Радиоактивные благородные газы или РБГ	Инертные радиоактивные газы или ИРГ
Резервный щит управления или РЩУ	Резервный пункт управления или РПУ
Система дымоудаления	Система противодымной вентиляции вытяжная
Сорбент	Адсорбент
Средство измерительной техники или СИТ	Средство измерений или СИ
Теплосодержание	Удельная энтальпия
Технический проект	Проектная документация
Фреон	Хладон
«Чистая» зона	Зона свободного доступа или ЗСД
Электрокалорифер	Воздухонагреватель с электрическим нагревом
Энергоблок	Блок

Предисловие

Для чего написано настоящее пособие, если АС с РУ В-320 больше не строятся?

Во-первых, данные АС еще эксплуатируются, их ресурс продлевается, проводится модернизация систем с заменой устаревшего оборудования, устранением отступлений от действующих нормативных документов.

Во-вторых, в проектах новых АС вполне могут применяться апробированные технические решения, ранее использованные при проектировании АС с РУ В-320.

Независимо от типа РУ, компоновки зданий и сооружений АС, в части назначения и устройства систем вентиляции и кондиционирования воздуха существенных различий быть не может по причинам:

– в технологических помещениях РО, как правило, отсутствует возможность естественного проветривания, необходима организация в них воздухообмена средствами вентиляции;

– при наличии в составе РУ технологического оборудования и трубопроводов с температурой рабочей среды более 70 °С необходим отвод тепла из соответствующих помещений, т.е. должны быть предусмотрены системы вентиляции и/или рециркуляционные системы охлаждения;

– при наличии в составе РУ технологического оборудования и трубопроводов высокого давления должны быть помещения, рассчитанные на давление, с установкой на пересекающих их стены воздуховодах локализующей арматуры;

– бетонную шахту реактора необходимо охлаждать, т.е. должны быть воздушные каналы в бетоне и рециркуляционная система охлаждения;

– в герметичной оболочке (одинарной или двойной) необходимо создавать нормируемое разрежение средствами вентиляции;

– необходимо создавать в помещениях I и II категории радиационной опасности ЗКД нормируемое разрежение и обеспечение направленного движения воздуха из менее «грязных» помещений в более «грязные» средствами вентиляции;

– при наличии возможных протечек радиоактивных веществ из технологического оборудования необходимо очищать воздух, удаляемый из соответствующих помещений, на аэрозольных фильтрах, при необходимости – и на адсорберах угольных;

– при наличии в составе систем контроля и управления электротехнического и электронного оборудования необходимо поддерживать в помещениях нормируемые значения температуры, т.е. должны быть предусмотрены системы кондиционирования воздуха;

– при наличии в зданиях и сооружениях пультовых (щитов управления) необходимо поддерживать в помещениях оптимальные значения температуры и относительной влажности воздуха, т.е. должны быть предусмотрены системы кондиционирования воздуха;

– для жизнеобеспечения персонала, работающего в помещениях пультовых (щитов управления), при общей радиационной аварии должны быть предусмотрены аварийные системы вентиляции;

– при наличии в зданиях и сооружениях пожароопасных и взрывопожароопасных помещений должны быть предусмотрены для них отдельные системы вентиляции, тамбуры-шлюзы с избыточным давлением воздуха в них и системы вентиляции, обеспечивающие разбавление взрывоопасных веществ до концентрации менее 10% НКПРП;

– при высоте зданий и сооружений более 28 м обязательно устройство в них приточно-вытяжных систем противодымной вентиляции;

– при наличии в нормативных документах требований о защите зданий и сооружений от ударной волны должны быть предусмотрены противовзрывные устройства на воздухозаборных и воздуховыпускных проемах.

Таким образом, знание устройства систем вентиляции и кондиционирования воздуха АС с реактором В-320 поможет при ознакомлении с аналогичными системами АС с другим типом РУ.

Так как в состав современного вентиляционного оборудования входят электроприводы, контроллеры, пульты и шкафы управления, в настоящем пособии приведена информация о нормативных документах в области электробезопасности, технических регламентах низковольтного оборудования и электромагнитной совместимости.

Без холодильной техники в настоящее время не обойтись, по этой причине в настоящем пособии приведена информация о нормативных документах в этой области.

В настоящем пособии приведена информация о давно отмененных нормативных документах, на основании которых в свое время разрабатывалась рабочая документация, чтобы были понятны принятые технические решения.

В связи с тем, что в функции систем вентиляции помещений ЗКД входит обеспечение радиационной безопасности, в настоящем пособии приведены сведения о нормировании и контроле значений выбросов радиоактивных веществ в атмосферу.

Приведена информация о технологических системах, обеспечивающих работу систем вентиляции и кондиционирования воздуха или влияющих на их состояние.

Приведена общая информация о системах спецгазоочистки (СГО) и методах очистки сдувок от ИРГ.

НД Украины по возможности заменены эквивалентными НД РФ, при наличии существенных различий в НД Украины и РФ приведены соответствующие разъяснения.

Приведена также информация о давно снятом с производства оборудовании, которое еще работает и будет работать, вероятнее всего, до закрытия соответствующих АС.

В настоящем пособии приведена справочная информация о стандартах ЕС в части систем вентиляции и кондиционирования воздуха, об оборудовании производства ЕС. Возможно, кто-то из выпускников СевГУ будет участвовать в строительстве или эксплуатации АС за границей, где для систем вентиляции и кондиционирования воздуха может предлагаться или использоваться оборудование, изготовленное за пределами РФ.

В свое время, например, на АС «Темелин» приточные вентиляционные центры входили в зону проектирования чешской стороны, а оборудование было поставлено местными предприятиями-изготовителями.

В обязанности инженеров цеха (службы) вентиляции входит разработка эксплуатационной документации (инструкций, схем, перечней оборудования, программ проведения работ, процедур входного контроля), ТЗ на закупку оборудования и материалов, ТЗ на разработку проектной документации, проверка производственной документации смежных подразделений и множество задач, описанных и не описанных в должностных инструкциях.

Для разработки перечней СИ, ТСА, ТЗБиС, карт уставок необходимы знания из области автоматики, но читать и понимать указанные документы должен любой инженер.

Инженеры, в обязанности которых входит выполнение проверок систем вентиляции и кондиционирования воздуха на соответствие проектным характеристикам, испытаний систем противодымной вентиляции, должны уметь выполнять измерения параметров указанных систем и выявлять их дефекты.

В настоящем пособии описаны типичные инженерные работы с примерами решения конкретных задач.

А основная цель настоящего пособия состоит в том, чтобы научить студентов СевГУ на опыте Запорожской АЭС критически относиться к нормативной документации, заключениям экспертов, проектным решениям, заводской документации, результатам СМР и ПНР. В них неизбежны ошибки, непродуманные и неработоспособные технические решения, несоответствия нормативной документации и т.д., которые следует выявлять и выдавать обоснованные замечания или технические заключения.

1 Общие сведения

1.1 О Запорожской АЭС

Запорожская АЭС проектировалась и строилась в две очереди: в первой очереди – блоки № 1-4, во второй очереди – блоки № 5, 6. Вспомогательные здания и сооружения проектировались и строились в составе соответствующей очереди.

Приказом Минэнерго СССР блок с РУ В-320 «большой» серии был объявлен унифицированным, т.е. изменения в рабочую документацию, не требующие заказа дополнительного оборудования, должны были вноситься с разрешения заместителя Министра энергетики, а требующие заказа дополнительного оборудования – с разрешения Министра энергетики.

Во время приезда на площадку заместитель Министра энергетики Шашарин Геннадий Александрович каждый раз подписывал десятки технических решений о внесении изменений в рабочую документацию, которые затем оформлялись в Минэнерго СССР по всем правилам.

Системы вентиляции и кондиционирования воздуха не считались основными, а ошибки в рабочей документации и неудачные технические решения напрямую влияли на работоспособность электрического и электронного оборудования. Поэтому после соответствующего обоснования руководители ГРП Вальд Евгений Михайлович и Николаева Наталья Борисовна разрешали выпуск чертежей ГРП, чем оказали неоценимую помощь Запорожской АЭС.

Большую работу по анализу чертежей ГРП, причин их выпуска и внесению изменений в рабочую документацию последующих блоков выполнили руководители отдела отопления и вентиляции АТЭП (с 1986 – АЭП) Бирюков Юрий Васильевич и Бумагин Валерий Дмитриевич.

С того времени нормы и правила много раз изменялись сначала в СССР, потом в Украине: после перехода на национальные стандарты и в ходе внедрения нормативных документов ЕС, сейчас Запорожская АЭС переходит на нормы и правила РФ.

1.2 Источники выделения радионуклидов в воздух рабочей зоны помещений АС и их характеристика

1.2.1 Источники поступления радионуклидов в технологические контуры АС

Производство электроэнергии на АС неизбежно связано с постоянным образованием и накоплением большого количества радионуклидов – продуктов деления ядер топлива ^{235}U и ^{239}Pu по мере выгорания ядерного топлива.

Теплоноситель и присутствующие или поступающие в него при работе АС примеси, попадая в процессе циркуляции в зону облучения нейтронами, становятся радиоактивными. Активность теплоносителя обусловлена собственной, осколочной и наведенной активностью.

Собственная активность теплоносителя в реакторах типа ВВЭР в основном определяется активностью радионуклидов ^{16}N и ^{17}N, образующихся в результате взаимодействия быстрых нейтронов с ядрами кислорода и водорода. После остановки реактора собственная активность теплоносителя быстро снижается ввиду небольшого периода полураспада указанных радионуклидов.

Осколочная активность теплоносителя обусловлена продуктами деления, попадающими в первый контур при разгерметизации оболочек ТВЭЛов. Разгерметизация ТВЭЛов происходит вследствие высоких температурных и радиационных нагрузок, а также из-за процессов коррозионно-усталостного типа и начинается с появления микротрещин, через которые будут диффундировать газообразные и летучие продукты деления (изотопы криптона, ксенона, йода, рубидия, цезия).

При работе реактора в топливе образуются твердые, летучие и газообразные продукты деления. Газообразные и летучие продукты деления мигрируют вначале в открытые поры в спеченной двуокиси урана, затем поступают в осевые отверстия, зазор под оболочкой и в объем свободного пространства в верхней части ТВЭЛа.

При появлении микротрещин они выходят из-под оболочки ТВЭЛа в теплоноситель со скоростью, пропорциональной степени негерметичности оболочки. В некоторых случаях микротрещины развиваются в крупные дефекты оболочек ТВЭЛов, при таких дефектах возможен прямой контакт теплоносителя с топливом и выход в теплоноситель твердых продуктов деления урана.

Наведенная активность теплоносителя определяется активностью примесей, включающих в себя минеральные соли (особенно соли натрия), растворенные газы (аргон и др.) и продукты коррозии (окислы железа, никеля, кобальта, хрома и др.), попадающие в теплоноситель при их смыве с конструкционных элементов и внутренних поверхностей трубопроводов. Основной вклад в этот вид активности после остановки реактора вносят активированные продукты коррозии. Хотя в качестве конструкционных элементов ядерных реакторов применяют коррозионностойкие стали, все же они при температуре воды около 300 °С корродируют со скоростью до 0,001 мм/год.

Вместе с теплоносителем продукты коррозии переносятся по технологическому контуру АС, в том числе через активную зону реактора, при этом часть из них осаждается на поверхностях конструкций активной зоны, например, на ТВЭЛах, и подвергается облучению нейтронами. Определенная доля образовавшихся радионуклидов в результате растворения пленки отложений поступает с поверхности ТВЭЛов в теплоноситель и вместе с ним выносится за пределы активной зоны. Затем активированные продукты коррозии могут осесть на поверхности оборудования технологического контура вне зоны облучения нейтронами и образовать пленку активных отложений на внутренних поверхностях: парогенераторов, насосов, арматуры, трубопроводов и т.д.

Следует отметить, что удельная масса радионуклидов очень мала. В таблице 1.1 приведены значения удельной активности и удельной массы реперных радионуклидов согласно справочнику [1].

Таблица 1.1

Радионуклид	Период полураспада	Удельная активность, Бк/г	Удельная масса, г/Бк
Йод-131	8,05 суток	$4{,}59\cdot10^{15}$	$2{,}18\cdot10^{-16}$
Кобальт-60	5,26 лет	$4{,}18\cdot10^{13}$	$2{,}39\cdot10^{-14}$
Цезий-137	30,0 лет	$3{,}22\cdot10^{12}$	$3{,}11\cdot10^{-13}$

В инструкции по радиационной безопасности Запорожской АЭС [2] приведены контрольные уровни объемной активности реперных радионуклидов в воздухе помещений ЗКД. Расчет массовой концентрации реперных радионуклидов в воздухе помещений ЗКД приведен в таблице 1.2.

Таблица 1.2

Категория помещения по [3]	Радионуклид	Контрольный уровень объемной активности, Бк/м^3	Удельная масса, г/Бк	Массовая концентрация, мг/м^3
I	Йод-131	140	$2{,}18\cdot10^{-16}$	$3{,}05\cdot10^{-11}$
	Кобальт-60	50	$2{,}39\cdot10^{-14}$	$1{,}20\cdot10^{-9}$
	Цезий-137	50	$3{,}11\cdot10^{-13}$	$1{,}56\cdot10^{-8}$
II	Йод-131	60	$2{,}18\cdot10^{-16}$	$1{,}31\cdot10^{-11}$
	Кобальт-60	20	$2{,}39\cdot10^{-14}$	$4{,}78\cdot10^{-10}$
	Цезий-137	20	$3{,}11\cdot10^{-13}$	$6{,}22\cdot10^{-9}$

Из таблицы 1.2 видно, что измерить массовую концентрацию радионуклидов в условиях АС невозможно, а измерить их объемную активность возможно только средствами дозиметрического контроля.

1.2.2 Краткая характеристика аэрозолей

По способу образования и агрегатному состоянию дисперсной фазы все аэрозоли делятся на пыли, дымы и туманы.

Согласно [4], аэрозолями называются дисперсные системы с газообразной средой и с твердой и жидкой дисперсной фазой, объектами учения об аэрозолях являются системы, лежащие в огромном интервале дисперсности – от 10^{-6} мм до 1 мм.

Согласно [4], аэрозоли классифицируются по радиусу частиц:

- грубодисперсные – более 10^{-3} мм;
- среднедисперсные – от (0,5-1)х10^{-4} мм до 10^{-3} мм;
- высокодисперсные – менее (0,5-1)х10^{-4} мм.

Пыли состоят из твердых частиц, диспергированных в газовой среде путем механического измельчения вещества. На АС пыли образуются в результате механической обработки различных поверхностей при ремонтных работах, при попадании в помещения станции частиц из наружного воздуха, не задержанных фильтрами приточных систем вентиляции. Кроме этого, пыли могут образовываться при высыхании и последующем сдувании воздушным потоком частиц осадка из различных жидкостей, в результате механического износа работающих механизмов.

Туманы – это аэрозольные системы с жидкими частицами. Туманы могут образовываться путем, как конденсации паров, так и механического распыления жидкостей. При этом в веществе жидких аэрозольных частиц могут находиться как растворенные примеси, так и твердые частицы, которые могут быть центрами конденсации или захватываться жидкими частицами при коагуляции. На АС туманы образуются при испарении и конденсации протечек теплоносителя, рабочего тела, конденсации паров масел, при разбрызгивании различных жидкостей и смазочных материалов во время ремонтных работ, а также при работе различных механизмов.

Дымы – это конденсационные аэрозоли с твердыми частицами. Чаще всего дымы образуются в результате окисления (горения) различных веществ. Класс дымов весьма разнообразен, к нему относят все аэродисперсные системы, которые не являются пылями или туманами, а также системы, образующиеся при распылении различных растворов веществ с последующим испарением жидкой фазы. На АС дымы образуются при подгорании масел, изоляции, антикоррозионных покрытий, при высыхании растворов на участках и в помещениях дезактивации, спецводоочистки, при сварочных работах.

На АС аэрозольные частицы кроме обычных приобретают некоторое количество дополнительных зарядов вследствие ионизирующего излучения различных видов, источником которого является ядерный реактор. Поэтому аэрозоли в помещениях АС чаще всего заряжены и, как правило, радиоактивны.

1.2.3 Краткая характеристика радионуклидов йода

Радионуклиды йода присутствуют в воздухе рабочей зоны в трех физико-химических формах:

- в аэрозольной, т.е. это радионуклиды, сорбированные на аэрозольных частицах;
- в газообразной, где основную массу составляет молекулярный йод (I_2);
- в виде трудно сорбируемых органических соединений.

В технической литературе отмечается, что механизмы процессов образования органических соединений йода малоизвестны, в разных источниках приводится различное соотношение между формами йода. Соотношение между формами йода в воздухе, удаляемом системами вентиляции из гермооболочки, по данным нескольких источников, приведено в таблице 1.3.

Таблица 1.3

Содержание ^{131}I в форме:				Источник
аэрозольной	молекулярной	гипойодной кислоты (HOI)	органических соединений	
1-2	40-50	-	50-60	[5]
9	28	33	29	[6]
5	18	36	41	
95	4	-	1	[7]
Примечание – в [6] записано, что существование гипойодной кислоты (HOI) в газовой фазе в настоящее время является спорным.				

В большей степени изучены химические реакции:

$$CH_3 + I_2 \rightleftarrows CH_3I + I \quad (1.1)$$

$$CH_4 + I \rightleftarrows CH_3 + HI \quad (1.2)$$

$$I_2 + M \rightleftarrows 2I + M \quad (1.3)$$

где M – металл.

Реакции (1.1)-(1.3) являются обратимыми, скорость прямых и обратных реакций зависит от температуры среды.

В отчете [8] приведены расчеты образования метилйодида в воздушной фазе при авариях и установлено, что:

– имеется интервал времени, для которого содержание трудноулавливаемых соединений йода выше, чем равновесное значение. При этом с увеличением температуры момент наибольшего образования трудноулавливаемых соединений йода наступает ранее;

– для коротких временных интервалов процентное содержание метилйодида по отношению к другим соединениям йода может достигать очень больших значений (до 22% при температуре 500 °C);

– эта величина быстро падает, и для равновесных состояний она не превышает 1% при 500 °C, а при 250 °C не превышает 0,1%.

Диаграмма зависимости процентного соотношения метилйодида по отношению к остальным соединениям йода от температуры и от времени при авариях приведена на рис. 1.1.

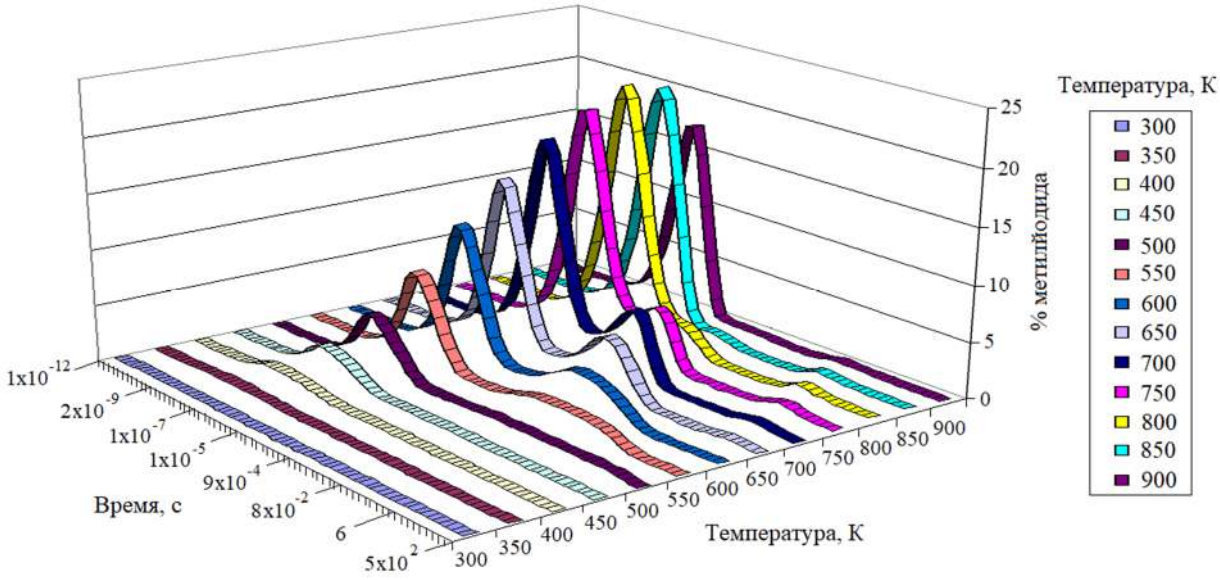


Рисунок 1.1

Установлено, что отсутствуют такие условия в газовой среде защитной оболочки, которые могут привести к устойчивому образованию трудноулавливаемых соединений йода в значительных (более 1%) количествах.

Для выполнения требований правил [9] о консервативном подходе к проектированию и конструированию систем и оборудования АС в правилах [10] записано требование об измерении эффективности адсорберов угольных по йоду и метилйодиду раздельно.

1.2.4 Пути попадания радионуклидов в воздух рабочей зоны помещений АС

1.2.4.1 При работе блоков на мощности

При эксплуатации АС протечки теплоносителя из оборудования и трубопроводов в производственные помещения появляются в результате неплотностей во фланцевых разъемах, сальниковых уплотнениях арматуры и насосов, сварных соединениях и т.д., которые возникают в результате механических и коррозионных разрушений.

Наиболее вероятные протечки теплоносителя отводятся в закрытую систему, состоящую из разводки трубопроводов и приемных баков, называемой системой организованных протечек. Протечки из технологического оборудования на пол производственных помещений носят название неорганизованных и собираются в систему, также состоящую из разводки трубопроводов и приемных баков. Трапами со встроенными гидрозатворами оборудуются все производственные и лабораторные помещения, в которых возможна протечка активного теплоносителя или попадание на пол растворов, загрязненных радионуклидами. В систему неорганизованных протечек заводятся также некоторые «грязные» сбросы от технологического оборудования, например, бака перелива бассейнов выдержки.

Организованные и неорганизованные протечки имеются не только в гермооболочке. Часть теплоносителя попадает в обстройку реакторного отделения при обмене воды, производимом с целью снижения концентрации борной кислоты по мере выгорания топлива во время работы реактора. Кроме этого, в обстройке размещается оборудование систем спецводоочистки, предназначенной для переработки радиоактивных вод и концентрирования жидких радиоактивных отходов.

При протечке в помещение перегретого радиоактивного теплоносителя происходит бурное вскипание его, в результате образующийся пар уносит в воздух капельки влаги, в которых могут содержаться твердые радиоактивные частицы. Особенно активно этот процесс происходить в аварийных ситуациях, когда наблюдается истечение значительного количества теплоносителя. При испарении капель влаги остаются твердые радиоактивные частицы, которые могут адсорбироваться или коагулировать с естественными аэрозолями, находящимися в воздухе помещений и, как правило, являющихся нерадиоактивными.

При попадании вытекающего через неплотности теплоносителя на горячие поверхности трубопроводов и оборудования он может полностью испариться, большая часть содержащихся в нем радиоактивных веществ перейдет в воздух. Оставшаяся на поверхности часть радиоактивных веществ в виде твердого компонента со временем также может попасть в воздух помещений.

1.2.4.2 При ремонте блоков

При ремонте блоков источником радиоактивных веществ являются работы, связанные с разгерметизацией оборудования, шлифовкой, шабровкой облученных деталей, и особенно сварочные работы.

При разгерметизации трубопроводов и оборудования I контура в связи с тем, что штатными технологическими системами и (или) местной вытяжной вентиляцией удалить газы и пары радиоактивного теплоносителя из них полностью невозможно, в воздух рабочей зоны выделяются радиоактивные вещества.

Несмотря на проводимую перед ремонтом дезактивацию оборудования, соприкасавшегося во время работы с радиоактивным теплоносителем или находившегося в зоне воздействия нейтронного излучения, на нем все же остаются активированные продукты коррозии и активированные элементы конструкционных материалов.

В процессе сварки в электрической дуге образуются пары свариваемых материалов, выделяющиеся при очень высокой температуре. При охлаждении в воздухе эти пары конденсируются в виде дыма. Легко окисляемые металлы (кадмий, марганец, хром, железо) образуют дымы, состоящие из различных окислов этих металлов.

Образование дымов при этом облегчается благодаря присутствию вблизи электрической дуги огромного количества ионов, играющих роль центров конденсации. Начальная концентрация образующихся частиц довольно высока, а так как первичные частицы несут заряды, постепенно происходит их объединение с образованием агрегатов, достигающих достаточно крупных размеров.

1.2.4.3 Перечень оборудования и помещений РО с наиболее вероятным появлением активности

Перечень оборудования и помещений РО с наиболее вероятным появлением активности в режиме нормальной работы блока приведен в таблице 1.4.

Таблица 1.4

Оборудование	Помещения	Возможная причина появления активности в воздухе рабочей зоны
Газодувки и фильтры-адсорберы СГО	АВ418/1-3 АВ419/1-3 АВ421/1 А423 АВ626/1-3	Увеличение газовыделения из баков боросодержащей воды, деаэратора подпитки, бака организованных протечек при борном регулировании или дренировании первого контура и расхолаживании первого контура (удаление воздуха из трубопроводов САОЗ). Повышение газовой активности при возникновении неплотностей оборудования СГО. Газовые протечки через неплотности уплотнения валов газодувок, фланцевые соединения, незакрытые воздушники. Течи через неплотности фланцевых соединений
Оборудование первого контура	Гермо-оболочка	Протечки через уплотнительные разъемы реактора, разъемы ГЦН, КД. Непосадка основного предохранительного клапана компенсатора давления. Неплотности разъемов ИПУ КД и другой арматуры первого контура. Свищи на трубопроводах и импульсных линиях
Оборудование первого контура в ППР блока	Гермо-оболочка	Ремонтные работы с разгерметизацией оборудования первого контура
Насосы организованных протечек	А030/1-3	Протечки через уплотнения валов насосов, фланцевые соединения, незакрытые дренажи и воздушники
Насосы боросодержащей воды	А024	Течи через уплотнения валов насосов или фланцевые соединения, протечки через незакрытые дренажи и воздушники
Баки боросодержащей воды	А023	Газовые протечки через заполненный гидрозатвор при отказе системы газовых сдувок
Бак спецканализации	А033	Перелив бака, протечки через незакрытые дренажи, дренирование систем, связанных с первым контуром
Бак организованных протечек	А032	Выход радиоактивных газов через гидрозатворы, при выходе из работы системы газовых сдувок, перелив бака, незакрытые дренажи, воздушники
Насосы спецканализации	А031/1, 2	Протечки через уплотнения валов и фланцевые соединения, незакрытые дренажи и воздушники. Ремонтные работы с разборкой насосов или арматуры с разливом воды в помещениях
Насосы аварийного расхолаживания	А036/1-3	Протечки через уплотнения валов насосов, незакрытые дренажи и воздушники при расхолаживании реактора

Оборудование	Помещения	Возможная причина появления активности в воздухе рабочей зоны
Теплообменники аварийного расхолаживания. Насосы расхолаживания БВ	А121/1-3	Протечки через неплотности фланцевых соединений, незакрытые воздушники и дренажи при расхолаживании реактора
Пробоотборные камеры	А322 А324 А333	Протечки через незакрытые или неплотные пробоотборные линии, вывод из работы системы вытяжной вентиляции из пробоотборных камер
Деаэратор подпитки первого контура, газодувки системы сжигания водорода	А423	Газовые протечки через незакрытые дренажи и воздушники, неплотности фланцевых соединений
Оборудование систем радиационного контроля СГО	АК627/1-3	Газовые протечки через неплотности фланцевых и резьбовых соединений, незакрытые дренажи конденсатосборников
СИ системы дожигания водорода и СГО	А1012	Газовые протечки через неплотности фланцевых, резьбовых и шланговых соединений СИ

1.3 О терминах «фильтр аэрозольный», «фильтр йодный», «модификация», «модернизация», «реконструкция» и «техническое перевооружение» в настоящем пособии

К сожалению, в действующей НД РФ определения аэрозольных фильтров нет.

В §34 [10] записано:

«Эффективность очистки вентиляционного воздуха аэрозольными фильтрами систем вытяжной вентиляции должна быть не менее 99,95% для наиболее проникающих частиц».

Что соответствует классу H13 по [11] (до 01.11.2024 – [12]).

В 10.7 [3] записано:

«На приточных системах, обслуживающих помещения ЗКД, рекомендуется дополнительно устанавливать аэрозольные фильтры грубой очистки для увеличения срока службы фильтров тонкой очистки вытяжных систем.

Фильтры всех приточных систем должны обеспечивать эффективность очистки воздуха от аэрозольных частиц не менее 80%».

В пункте 23 [10] записано:

«Системы приточной вентиляции должны быть оборудованы аэрозольными фильтрами, обеспечивающими очистку приточного воздуха от атмосферной пыли до уровней, установленных в проекте АС. Эффективность очистки вентиляционного воздуха от атмосферной пыли фильтрами должна быть не ниже 80%».

Эффективность очистки воздуха от атмосферной пыли не менее 80% могли обеспечить фильтры тонкой очистки класса F7 по [13].

В связи с прекращением действия [13] (см. 2.11.1 настоящего пособия), из таблиц 2.4, 2.5 и 2.6 видно, что выполнение требований 10.7 [3] и пункта 23 [10] может обеспечить фильтр класса F7 по [14] или ИСО ePM_{10} по [15].

Таким образом, в настоящем пособии термином «аэрозольный фильтр» названы:

– для вытяжных систем вентиляции и аварийных приточных систем вентиляции БПУ и РПУ – фильтр высокоэффективный воздушный класса H13 или H14 по [11];

– для приточных систем вентиляции – фильтр для очистки воздуха общего назначения класса не ниже F7 по [14] или ИСО ePM_{10} по [15].

Термины «фильтр йодный» и «адсорбер угольный» в настоящем пособии эквивалентны, т.к. для очистки воздуха от йода и его соединений на Запорожской АЭС применяются адсорберы угольные, заполненные активированным углем.

В [16] указано:

«Модификация – любое изменение утвержденных в установленном порядке проекта ЯУ и/или системы управления ЯУ, проводимой на этапах жизненного цикла ЯУ «строительство», «ввод в эксплуатацию», «эксплуатация» с целью модернизации/реконструкции или других целей.

Модификацией не считаются изменения конфигурации ЯУ, связанные с окончательной остановкой и выводом из эксплуатации ЯУ, замена элемента, важного для безопасности ЯУ, на эквивалентный элемент, которая осуществляется во время запланированных ремонтных работ».

В описании работ, проведенных Запорожской АЭС по модернизации (реконструкции) систем вентиляции и кондиционирования воздуха по нормативным документам Украины, в настоящем пособии использован термин «модификация».

Так как между терминами «модернизация», «реконструкция» и «техническое перевооружение» существенных различий нет, в настоящем пособии использованы термины, приведенные в соответствующих нормативных документах.

1.4 Методы очистки воздуха от пыли, аэрозолей, йода и измерения эффективности

1.4.1 Методы очистки воздуха от пыли

Методов очистки воздуха от пыли существует множество, но на Запорожской АЭС (если не считать установленных на вспомогательных объектах циклонов и мокрого пылеуловителя) в основном применяется метод сухой очистки на волокнистых фильтрах.

1.4.2 Методы измерения эффективности фильтров общего назначения

Во всем мире измерение эффективности фильтров общего назначения производится на стендах в специализированных организациях:

- классов G1-G4 по стандарту [14] – по синтетической пыли;
- классов M5, M6, F7-F9 по стандарту [14] – по контрольному аэрозолю DEHS.

Общий вид стенда для испытаний фильтров общего назначения показан на рис. 1.2.



Рисунок 1.2 – Общий вид стенда для испытаний фильтров общего назначения

Синтетическая пыль имеет следующий состав (по массе):

- 72% контрольной мелкодисперсной пыли по стандарту [17];
- 23% сажи;
- 5% хлопковых волокон.

Контрольная мелкодисперсная пыль в соответствии со стандартом [17] состоит большей частью из частиц кварца.

Контрольный аэрозоль DEHS получается путем применения генератора аэрозолей, его заданная концентрация – системой разбавления, общие виды их показаны на рис. 1.3 и 1.4. Для определения эффективности фильтров используются оптические счетчики аэрозолей, общий вид одного из них показан на рис. 1.5.



Рисунок 1.3 – Общий вид генератора аэрозолей



Рисунок 1.4 – Общий вид разбавителя



Рисунок 1.5 – Общий вид оптического счетчика аэрозолей

1.4.3 Методы очистки воздуха от аэрозолей

Для очистки воздуха от аэрозолей используются следующие физические эффекты:

– эффект отсеивания (см. рис. 1.6) – задерживаются частицы с диаметром, превышающим зазор между волокнами;

– эффект инерции (см. рис. 1.7) – крупные частицы имеют массу и импульс, достаточные для того, чтобы не отклоняться от линии тока воздуха и столкнуться с волокном фильтра при обтекании его воздушным потоком;

– эффект перехвата (см. рис. 1.8) – небольшие легкие частицы следуют с потоком воздуха вокруг волокна фильтра. Если частица следует по траектории, которая расположена от волокна на расстоянии менее ее радиуса, то происходит зацепление и частица касается волокна;

– эффект диффузии (см. рис. 1.9) – частицы с малой массой не следуют линиям потока воздуха вокруг волокна фильтра. Их хаотическое движение (известное как броуновское движение) вызвано постоянными столкновениями с другими частицами и молекулами газа, в котором они находятся во взвешенном состоянии. В процессе такого движения частицы могут касаться волокон фильтра или ранее захваченных частиц.

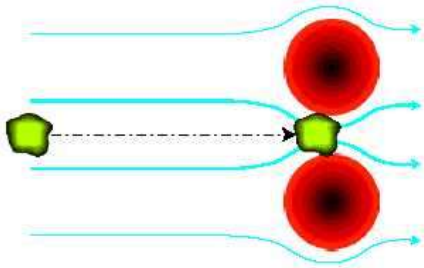


Рисунок 1.6 – Эффект отсеивания

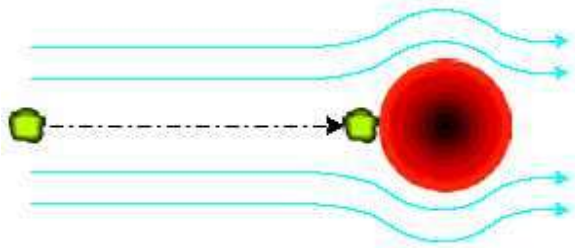


Рисунок 1.7 – Эффект инерции

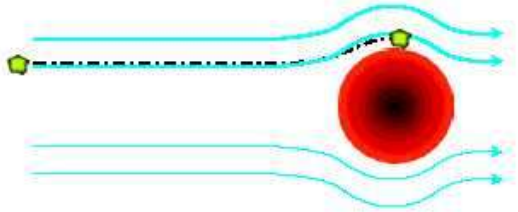


Рисунок 1.8 – Эффект перехвата

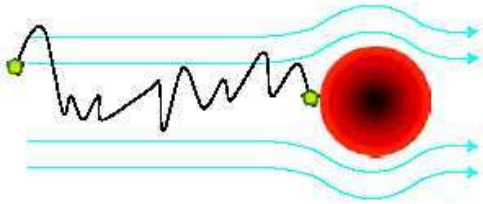
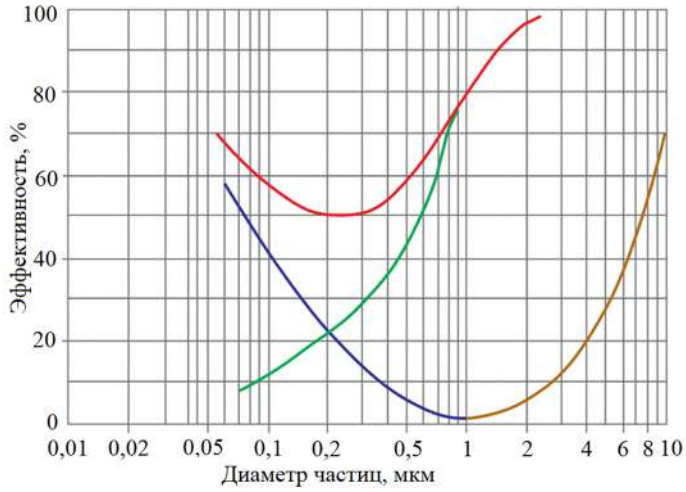


Рисунок 1.9 – Эффект диффузии

На частицы, столкнувшиеся с волокном фильтра или с ранее осевшей частицей, действуют силы, величина которых достаточно велика, чтобы удержать частицу.

Существует еще электростатический эффект, но он постепенно ослабевает с течением времени, кроме того, он чувствителен к выхлопам дизельных двигателей. Считается, что эффект отсеивания играет значительно меньшую роль, т.к. он важен только для частиц большого размера, количество которых в воздухе очень мало. Общая эффективность высокоэффективного воздушного фильтра является суммой различных механизмов удаления частиц из воздуха (см. рис. 1.10).



Примечание 1 – кривая синего цвета – эффект диффузии; кривая зеленого цвета – эффект перехвата; кривая коричневого цвета (продолжение синей) – эффект инерции; красная кривая – общая эффективность очистки.

Примечание 2 – если размер частицы менее 1 мкм, то имеют значение только эффекты перехвата и диффузии, для более крупных частиц действуют эффекты инерции и перехвата.

Рисунок 1.10 – Общая эффективность фильтра

Низкая скорость движения воздуха повышает эффект диффузии и понижает эффект инерции. Это означает, что для отделения малых частиц необходима низкая скорость, а для крупных частиц – высокая скорость, необходимо также волокно меньшего диаметра. Поэтому для изготовления высокоэффективных воздушных фильтров используется материал на основе тончайших нитей.

На Запорожской АЭС была предусмотрена установка аэрозольных фильтров с фильтрующим материалом ФП (тканью Петрянова) марок ФПП-15-1,5; ФПП-15-3,0 и ФПП-15-4,5.

Обозначение фильтрующего материала ФП состоит из букв и цифр:

– ФП – ткань Петрянова;

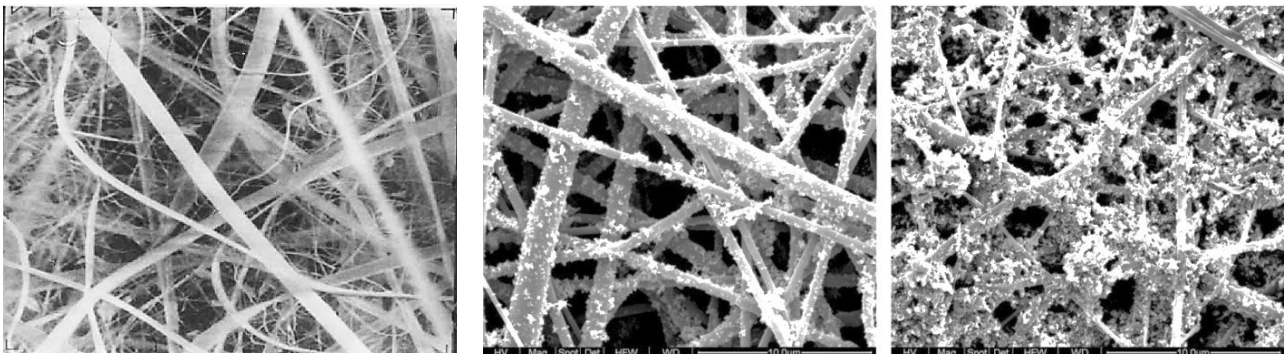
– П – материал волокон (перхлорвиниловая смола);

– 15 – диаметр волокон в десятых долях мкм;

– 1,5 (3,0; 4,5) – стандартное гидродинамическое сопротивление материала плотностью 1 кг/м^2 при скорости фильтрации 1 см/с в мм вод. ст.

При изготовлении материалы ФП приобретают и в дальнейшем сохраняют в послойно-поляризованном состоянии электрический заряд, близкий к предельному, по условиям искрового пробоя при нормальных условиях окружающей атмосферы.

Вид материала ФП под увеличением показан на рис. 1.11.



а) чистая поверхность б) загрязненная поверхность

Рисунок 1.11 – Фильтрующий материал ФП

Фильтрующий материал ФП имеет следующие недостатки:

– горючесть с выделением при горении токсичных веществ;

– верхняя граница рабочей температуры 65 °С;

– растворимость или набухание в масле и парах растворителей;

– снижение эффективности при воздействии ионизирующего излучения и влаги.

В настоящее время фильтрующий материал ФП выпускается в ограниченном количестве, для изготовления аэрозольных фильтров используются: стеклоткань, стекловолокно, стеклобумага.

Фильтрующим материалом, примененным для изготовления фильтров аэрозольных ФАРТОС и ФРА-95-10М (см. 8.4.4 и 8.4.5 настоящего пособия соответственно), являются маты из ультратонкого стекловолокна М20-УТВ/0,85-65, представляющие собой слои хаотически расположенных стеклянных волокон, скрепленных между собой силами естественного сцепления.

Микроструктура ультратонкого стекловолокна показана на рис. 1.12.

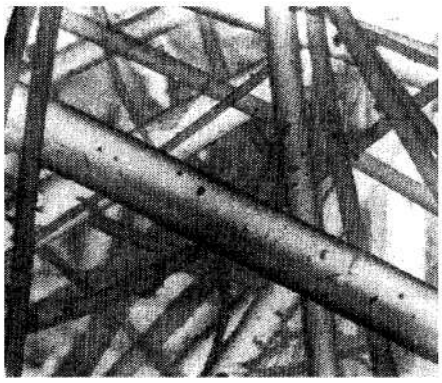


Рисунок 1.12 – Микроструктура ультратонкого стекловолокна

Технические характеристики матов из ультратонкого стекловолокна М20-УТВ/0,85-65:

– средний диаметр волокон – (0,85±0,15) мкм;

– неравномерность распределения волокон по площади – не более 15%;

– плотность материала после обжатия и сушки – 600 г/м^2;

– рабочая температура среды – до 100 °С;

– рабочая относительная влажность среды – до 100%.

1.4.4 Методы измерения эффективности фильтров аэрозольных

Для испытаний фильтров аэрозольных согласно стандарту [11] (до 01.11.2024 – [12]) следует применять контрольные аэрозоли, состоящие из жидких частиц. Для испытания на проскок (утечку) могут использоваться в качестве альтернативы аэрозоли с твердыми частицами (DEHS, PAO, PLS и другие). Во всем мире измерение эффективности фильтров аэрозольных производится на стендах в специализированных организациях.

Общий вид стендов для испытаний фильтров аэрозольных показан на рис. 1.13, 1.14.



Рисунок 1.13 – Общий вид стенда для испытаний фильтров аэрозольных Topas AFS 150



Рисунок 1.14 – Общий вид ручного сканера Topas AFS 152

Тестовое вещество в форме аэрозоля с размером частиц от 0,1 до 1,0 мкм распыляется через сопла и подается на фильтр. Пробоотборник перемещается над всей поверхностью фильтра электроприводом или вручную. Оптические счетчики аэрозолей определяют количество частиц до и после фильтра в нескольких диапазонах размеров частиц.

Для каждого значения размера аэрозольных частиц определяется значение эффективности, значения наносятся на график. Далее определяется минимальное значение эффективности и соответствующее ей значение MPPS.

Пример определения MPPS приведен на рис. 1.15.

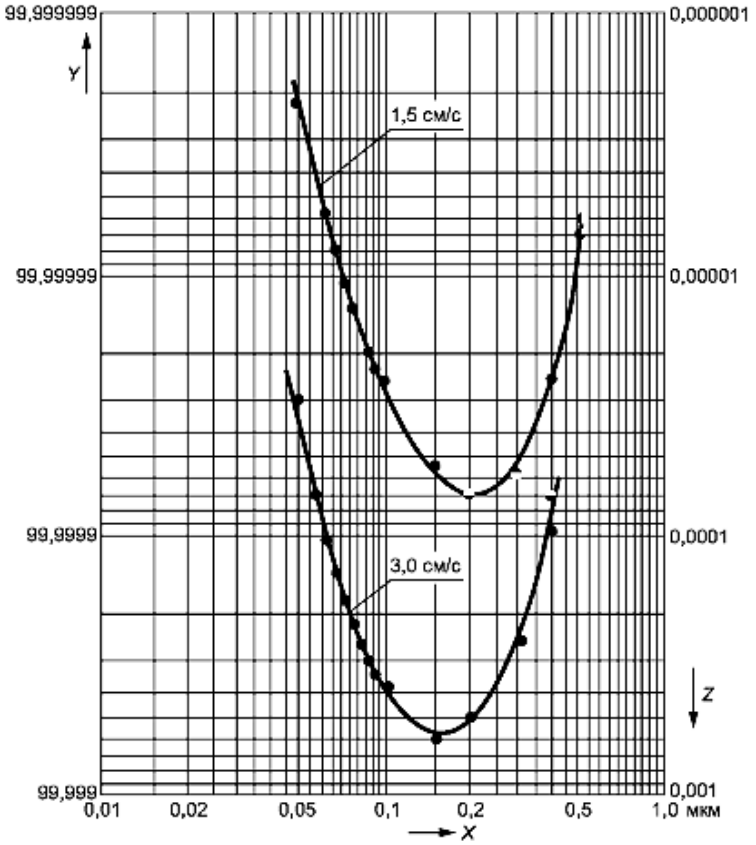


Рисунок 1.15 – Кривые зависимости эффективности фильтра от размера частиц

В стандарте [11] для фильтров класса H13 и выше регламентируется значение минимальной локальной эффективности (проскока), см. таблицу 2.11 настоящего пособия.

По этой причине проведение измерений эффективности фильтров класса H13 и выше оформляется протоколом с указанием значений минимальной интегральной эффективности, минимальной локальной эффективности и MPPS.

Выписка из одного из протоколов (таблица и диаграмма) приведена на рис. 1.16.

Filterdaten / Filter data / Параметры фильтра

Typ Type Тип	Artikelnummer Partnumber № изделия	Seriennummer Serial Number Серийный №	Prüf-Datum Date of test Дата проверки	Prüfer Tester Контролёр
HS-Mikro S, H14	**42-06360602AM564AAXX**	**S-6261**	**2012-08-03**	**MMÜ**

Filterabmessung (B x L x T) Filter dimensions (W x L x D) Размеры фильтра (Ш x В x Г)	Nennvolumenstrom Nominal flow rate Номинальный поток	Anfangsdruckdifferenz Initial pressure drop Начальное сопротивление	Filterklasse Filter class Класс фильтра
602 x 636 x 564 мм	**3400,0 м³/ч**		**HEPA H14**

Minimaler integraler Abscheidegrad Minimum integral efficiency Минимальная интегральная эффективность	Minimaler lokaler Abscheidegrad Minimum local efficiency Минимальная локальная эффективность	Partikelgröße (MPPS) Particle Size (MPPS) Размер частиц (MPPS)
99,99500%	**99,97500%**	**0,20 мкм**

Prüfluftbedingungen / Test Conditions / Conditions de test

Prüfvolumenstrom Test flow rate Тестовый поток	Prüfaerosol Test aerosol Тестовый аэрозоль	Partikelgröße Particle size Размер частиц	Rohgaskonzentration Upstream concentration Концентрация вход. потока	Temperatur Temperature Температура	Rel. Feuchte Rel. Humidity Относительная влажность
3400,5 м³/ч	**DEHS**	**0,10 - 0,30 мкм**	**4,95*10³ #/см³**	**31,7 °C**	**47,9%**

Prüfergebnisse / Test Results / Résultats de test

Integraler Abscheidegrad Integral efficiency Интегральная эффективность	Minimaler Abscheidegrad Minimum efficiency Минимальная эффективность	Druckdifferenz Pressure drop Перепад давления	Klassifizierung gemäß Testergebnis Classification to test result Класс фильтрации по результатам теста
99,99879%	**99,99877%**	**395 Па**	**HEPA H14**

Anzahl der gefundenen Leckstellen Number of leaks detected Количество протечек	Lecktest gemäß EN1822-4 Leakage test to EN 1822-4 Тест согласно EN 1822-4
0	**bestanden / passed / пройден**

Lecksignal / Leak signal / Сигнал протечки:	129
Signalabstand / Signal difference / Расстояние до сигнала:	72

Рисунок 1.16 – Выписка из протокола испытаний фильтра на стенде

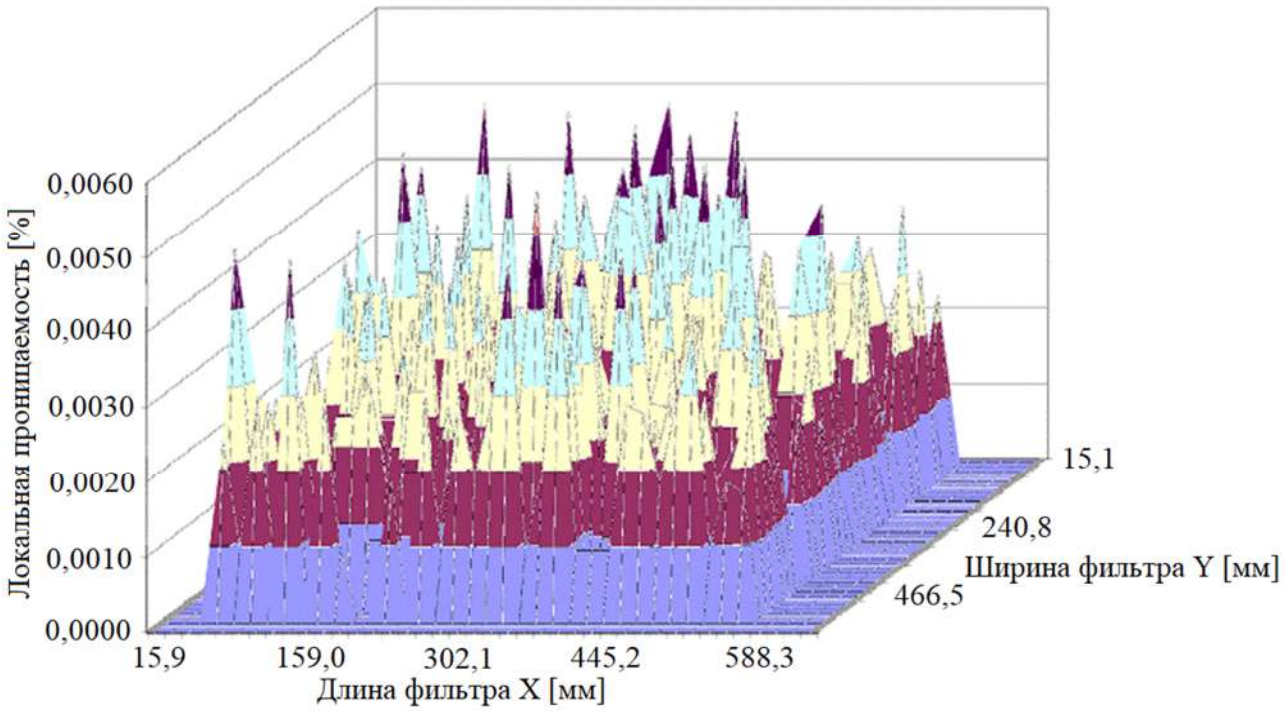


Рисунок 1.16, страница 2

Из рис. 1.16 видно, что фильтр при испытаниях подтвердил класс H14 по действовавшему в то время стандарту [12].

А вот класс H14 другого аэрозольного фильтра при проверке не подтвержден, выписка из протокола (таблица и диаграмма) приведена на рис. 1.17.

Filterdaten / Filter data / Параметры фильтра

Seriennummer Production lot Наименование	Filternummer Filter no. № изделия	Mediencharge Medium lot no. Серийный №	Prüf-Datum Date of test Дата проверки	Prüfer Tester Контроллер
ФАД-23кл H14 УЗ.1(Р)	**-**	**7685**	**2015-05-14**	**op**

Filterabmessung (B x L x T) Filter dimensions (W x L x D) Размеры фильтра (Ш x В x Г)	Nennvolumenstrom Nominal flow rate Нрминальный расход	Anfangsdruckdifferenz Initial pressure drop Начальное сопротивление	Filterklasse Filter class Класс фильтра
636 x 610 x 572mm	**3400,0m³/h**		**HEPA H14**

Minimaler integraler Abscheidegrad Minimum integral efficiency Минимальная интегральная эффективность	Minimaler lokaler Abscheidegrad Minimum local efficiency Минимальная локальная эффективность	MPPS
99,99500%	**99,97500%**	**0,20µm**

Prüfluftbedingungen / Test Conditions / Conditions de test

Prüfvolumenstrom Test flow rate Тестовый поток	Prüfaerosol Test aerosol Тестовый аэрозоль	Partikelgröße Particle size Размер частиц	Rohgaskonzentration Upstream concentration Концентрация входного потока	Temperatur Temperature Температура	Rel. Feuchte Rel. Humidity Относительная влажность
2900,0m³/h	**DEHS**	**0,10 - 1,00µm**	**5,48E+3#/cm³**	**22,0°C**	**50,0%**

Prüfergebnisse / Test Results / Résultats de test

Integraler Abscheidegrad Integral efficiency Интегральная эффективность	Minimaler Abscheidegrad Minimum efficiency Минимальная эффективность	Druckdifferenz Pressure drop Перепад давления	Klassifizierung gemäß Testergebnis Classification to test result Класс фильтрации по результатам тестирования
98,78963%	**98,78939%**	**1000Pa**	**EPA E 11**

Anzahl der gefundenen Leckstellen Number of leaks detected Количество протечек	Lecktest gemäß EN1822-4 Leakage test to EN 1822-4 Тест согласно EN 1822-4
1	**nicht bestanden / failed / ne pas accepté**

Lecksignal / Leak signal / Сигнал протечки:	239
Signalabstand / Signal difference / Расстояние до сигнала:	144

Рисунок 1.17 – Выписка из протокола испытаний фильтра на стенде

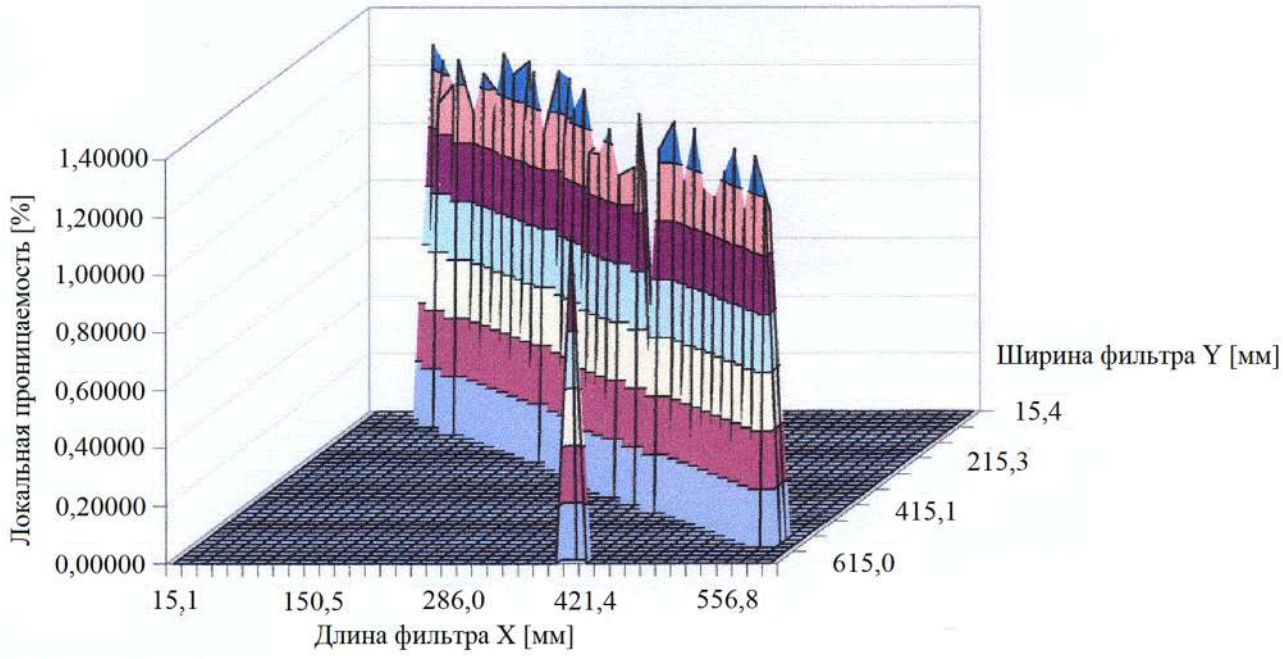


Рисунок 1.17, страница 2

В паспорте класс фильтра аэрозольного указан H14, а при испытаниях на стенде установлен его фактический класс E11.

Обратите внимание, что на рис. 1.17 виден маршрут движения ручного сканера по диагонали фильтра, после чего испытания были прекращены из-за очевидного отсутствия необходимости сканирования всей поверхности фильтра.

В приложении A [20] описан тест на масляную струйку (употребляется также термин «масляная нитка»), являющийся альтернативным методом контроля на проскок для фильтров группы H (классы H13 и H14). Тест на масляную струйку также применяют для проверки фильтров, форма которых не позволяет выполнить сканирование их поверхности (например, фильтрующие элементы V-образной или цилиндрической формы).

Кадр из видео об испытаниях фильтра аэрозольного на масляную струйку показан на рис. 1.18.

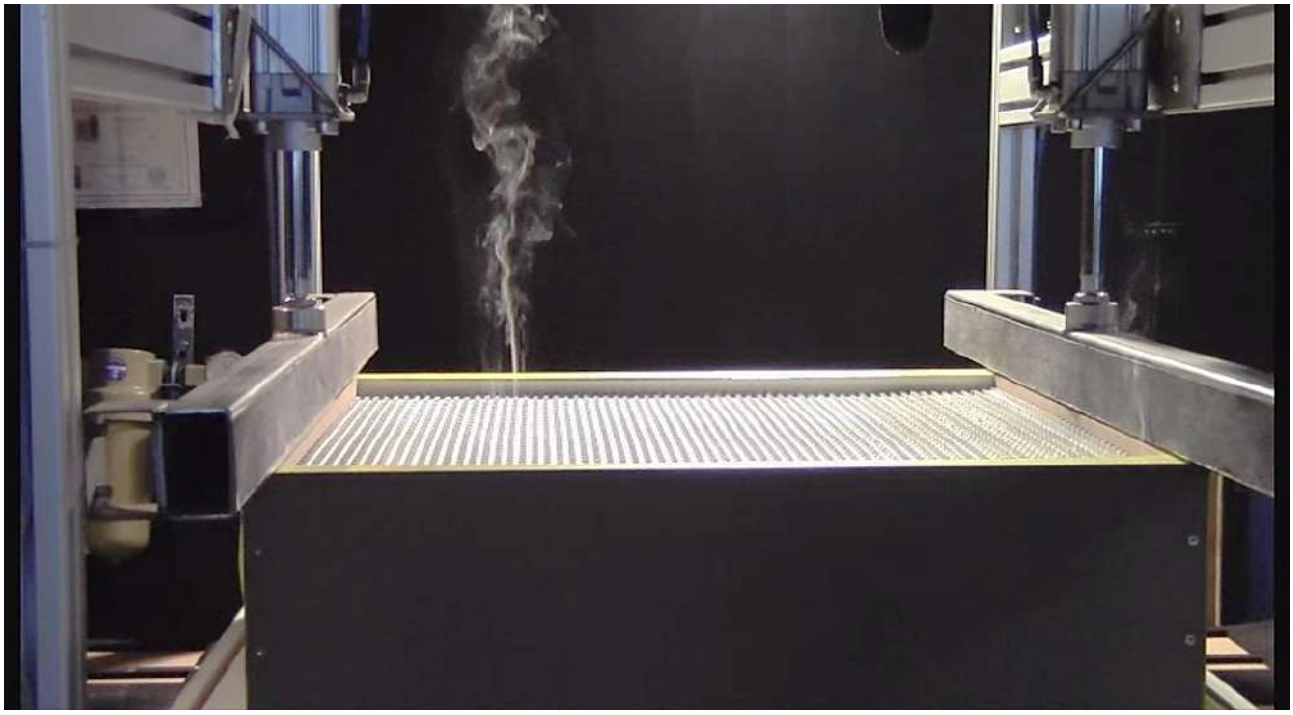
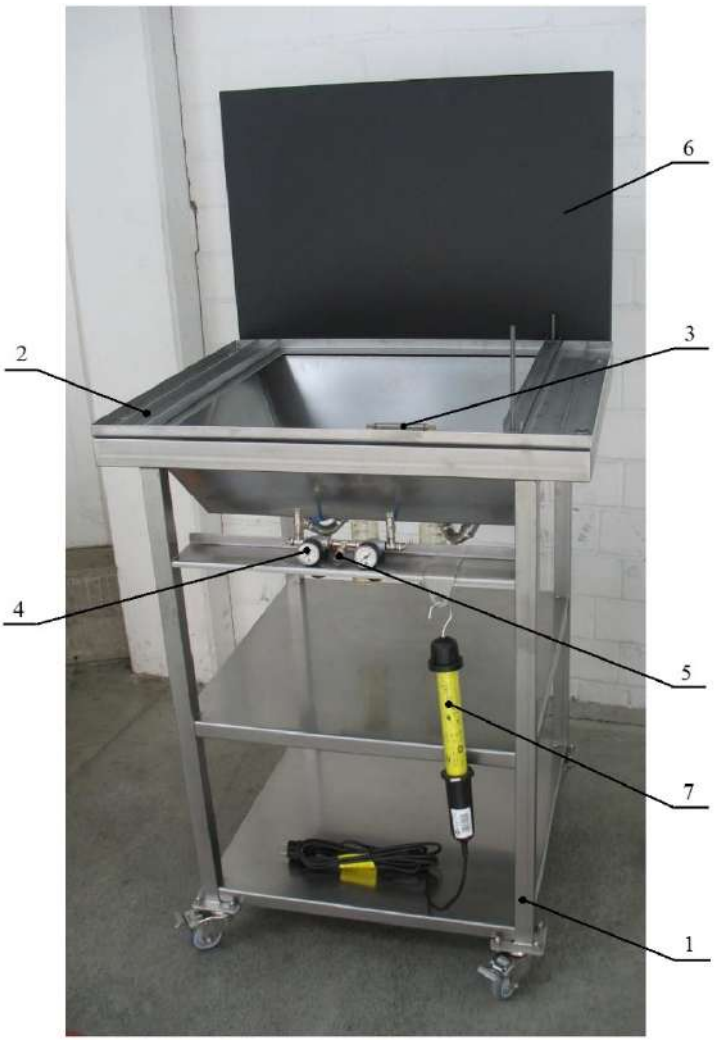


Рисунок 1.18 – Кадр из видео теста на масляную струйку

Обратите внимание то, что слева от самой большой масляной струйки имеется еще несколько струек, наблюдаются еще несколько струек в правом ближнем углу. Результаты теста на масляную струйку, показанные на рис. 1.18, показывают, что испытуемый фильтр не соответствует классу H13 или H14. Общий вид мобильной установки для проведения теста аэрозольных фильтров на масляную струйку приведен на рис. 1.19.



Условные обозначения: 1 – рама; 2 – адаптер; 3 – распределитель масляного аэрозоля; 4 – манометр; 5 – штуцер для подвода сжатого воздуха; 6 – затемненный экран; 7 – флуоресцентная лампа**.**

Рисунок 1.19 – Мобильная установка 59-Wartungswagen-111 для проведения теста на масляную струйку

На испытуемый фильтр подается поток полидисперсного аэрозоля, содержащего капельки масла, со скоростью примерно 1,3 см/с, которая может изменяться в целях оптимизации метода контроля. Проскок может быть обнаружен по четко видимой масляной струйке в месте утечки.

При отсутствии масляной струйки считается, что фильтры классов до H14 не имеют проскока по значениям, установленным [11].

1.4.5 Методы и средства очистки воздуха от йода

Методами очистки воздуха от радионуклидов йода являются:

– адсорбция, т.е. поглощение (адсорбирование) из потока воздуха на поверхности адсорбента радионуклидов йода в молекулярной форме;

– хемосорбция, т.е. химические реакции между органическими соединениями радионуклидов йода и импрегнантом;

– изотопный обмен между органическими соединениями радионуклидов йода в газовой фазе и атомами стабильного йода в импрегнанте.

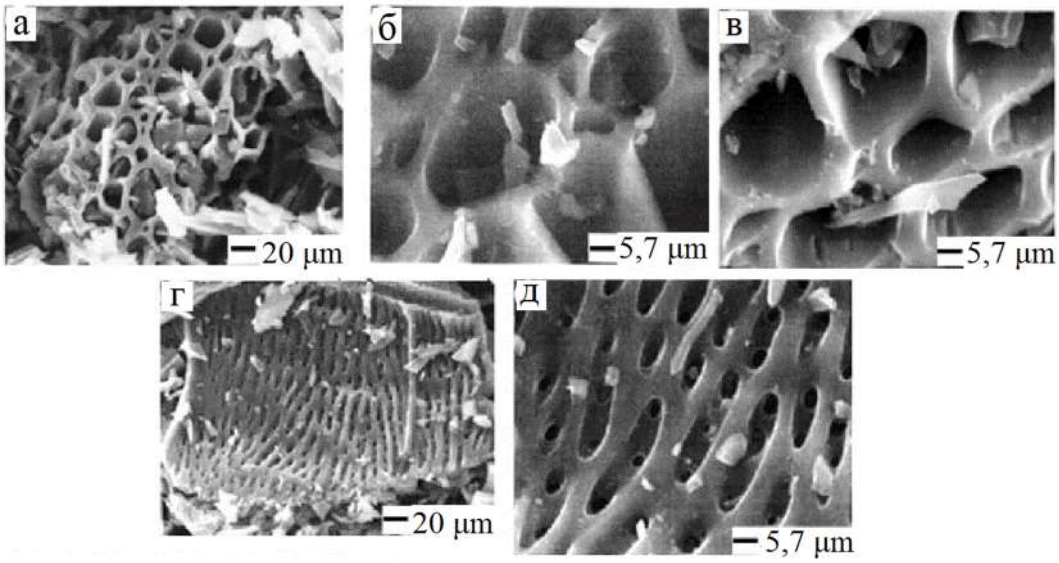
Примечание – Импрегнант – это химическое вещество, применяемое для пропитки адсорбента для очистки воздуха от органических соединений радионуклидов йода методами хемосорбции и изотопного обмена, массовая доля его составляет от 1% до 5% массы адсорбента. В качестве импрегнанта используют йодиды металлов (K,Hg, Al, Zn, Pb, Sn, Ti, Ba), органические вещества (ТЭА, ТЭДА, ГМТА), серебро и его соединения, а также смеси указанных веществ.

В качестве адсорбента, как правило, используется активированный уголь, изготовленный из торфа, каменного угля, дерева, скорлупы кокоса, ореха, косточек абрикоса, маслин и других плодовых культур.

На начальной стадии из сырья при высокой температуре без доступа воздуха выжигаются низкомолекулярные органические соединения, что сопровождается перестройкой его внутренней структуры и формирования микропор.

Для раскрытия пор уголь активируется путем окисления газом или паром, или обработки химическими реагентами. В процессе активации происходит выгорание аморфного углерода, блокирующего доступ к порам внутри материала, с созданием разветвленной сети пор и каналов, способных выборочно адсорбировать на своей поверхности вещества из газовой и жидкой среды.

На рис. 1.20 показана структура неактивированного угля.



Условные обозначения: а – исходное состояние; б, в – после выжигания при температуре 400 °С; г, д – после выжигания при температуре 800 °С.

Рисунок 1.20 – Структура неактивированного угля из дерева

При применении в качестве импрегнанта ТЭДА в результате химической реакции происходит образование нелетучей соли четвертичного аммония, уравнение реакции приведено на рис. 1.21 (слева – изображение молекулы ТЭДА).

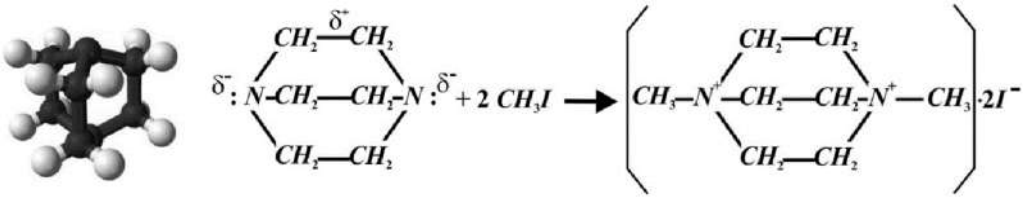


Рисунок 1.21 – Химическая реакция ТЭДА и CH_3I

При применении в качестве импрегнанта йодида калия на поверхности адсорбента происходит следующая обратимая реакция изотопного обмена:

$$CH_3{}^{131}\square I_{(g)} + K^{127}I_{(ads)} \leftrightarrow CH_3{}^{127}\square I_{(g)} + K^{131}I_{(ads)} \qquad (1.4)$$

Поскольку эта реакция обратима, необходимо иметь избыточное количество стабильного йода ($K^{127}I$), чтобы гарантировать эффективное улавливание соединений радиоактивного йода.

В качестве импрегнанта используются также комплексные соединения бария с химической формулой $mC_6H_{12}N_2$ x $nBaI_2$ (m, n – целые числа), при их применении удаление метилйодида-131 из воздуха происходит путем:

– химического взаимодействия:

$$mC_6H_{12}N_2 \times nBa^{127}_{\square}I_2 + CH_3{}^{131}_{\square}I \rightarrow \begin{matrix} mC_6H_{12}N_2 \times nBa^{127}_{\square}I_2 \\ | \\ CH_3{}^{131}_{\square}I \end{matrix} \quad (1.5)$$

– изотопного обмена между молекулами:

$$mC_6H_{12}N_2 \times nBa^{127}_{\square}I_2 + CH_3{}^{131}_{\square}I \rightarrow mC_6H_{12}N_2 \times nBaI^{131}_{\square}I + CH_3{}^{127}_{\square}I \quad (1.6)$$

– изотопного обмена внутри молекулы комплекса:

$$mC_6H_{12}N_2 \times nBa^{127}_{\square}I_2 + CH_3{}^{131}_{\square}I \rightarrow \begin{matrix} mC_6H_{12}N_2 \times nBaI^{131}_{\square}I \\ | \quad\quad | \\ CH_3{}^{131}_{\square}I \quad CH_3{}^{127}_{\square}I \end{matrix} \quad (1.7)$$

При применении в качестве импрегнанта нитрата серебра (I) процесс хемосорбции молекулярного йода и метилйодида происходит по уравнениям:

$$6AgNO_3 + {}^{131}_{\square}I_2 \rightarrow 4Ag^{131}_{\square}I + 2Ag^{131}IO_3 + 6NO_2 \quad (1.8)$$

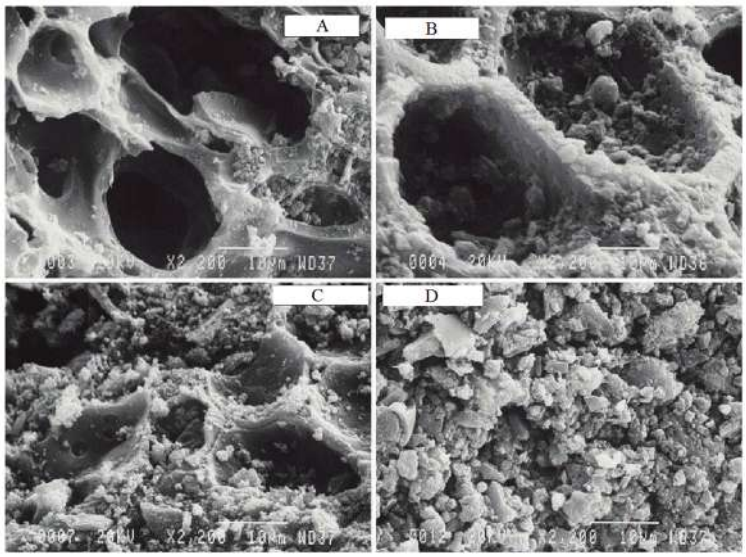
$$AgNO_3 + CH_3{}^{131}_{\square}I \rightarrow Ag^{131}_{\square}I + CH_3NO_3 \quad (1.9)$$

Применение импрегнанта уменьшает удельную площадь поверхности адсорбента в связи с заполнением пор импрегнантом:

– при массовой доле адсорбента от 1% до 2% – на (3-6)%;

– при массовой доле адсорбента 4% – на (55-60)%.

На рис. 1.22 показана микроструктура угля активированного.



Условные обозначения: A – уголь неимпрегнированный;
импрегнированный NaOH (B – 2% мас.; C – 4% мас.; D – 10% мас.).

Рисунок 1.22 – Микроструктура угля активированного

Для очистки воздуха от органических соединений радионуклидов йода обязательно применение импрегнированного адсорбента (см. таблицу 13.1), как правило, гранулированного. Дробленый уголь для адсорберов угольных непригоден, так как его острые края или отламываются сами, или разрушают другие частицы.

1.4.6 Методы измерения эффективности адсорберов угольных

Все известные методики измерения эффективности адсорбентов по йоду и/или метилйодиду являются лабораторными, т.е. в специализированной организации измеряется эффективность образцов адсорбента, предоставленного предприятием-изготовителем адсорберов угольных или извлеченного из адсорберов угольных и предоставленных эксплуатирующей организацией.

Сравнительный анализ различных методик и стандартов по измерению эффективности адсорбентов по йоду (метилйодиду) приведен в таблице 1.5.

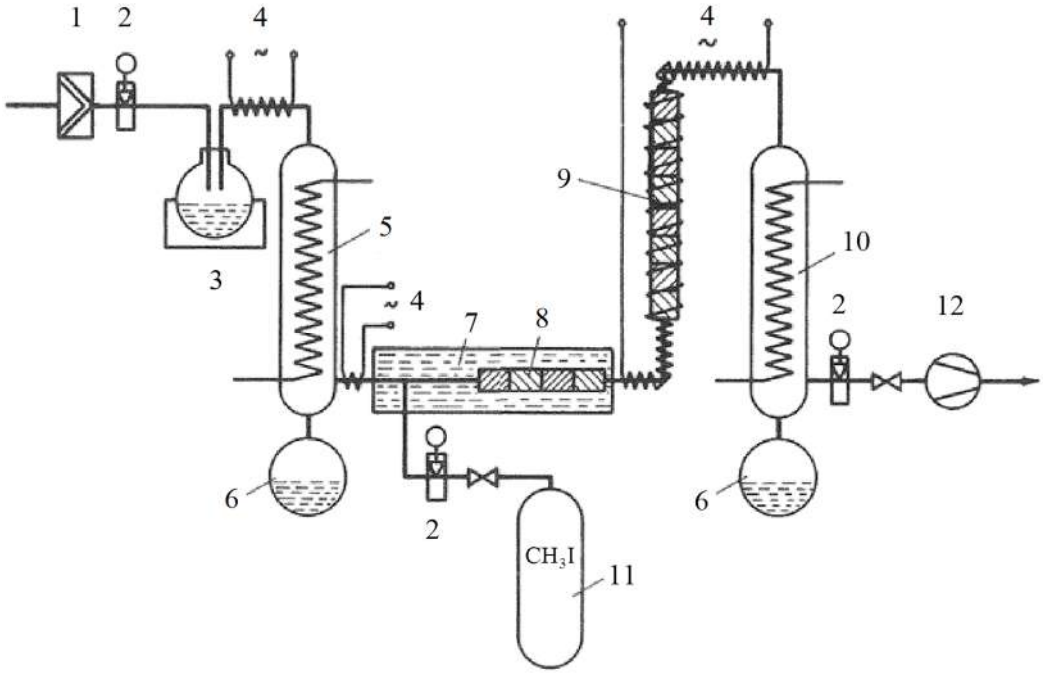
Таблица 1.5

Наименование параметра и единица измерения	Наименование методики или стандарта		
	[22]	[23]	[24]
Используемое для проверки вещество	смесь метилйодида-127 и метилйодида-131	йод-131	метилйодид-127
Начальная объемная активность, Бк/м^3	масса метилйодида-127 – от 20 мкг до 75 мкг; активность метилйодида-131 – не менее 0,2 МБк на 1 г адсорбента, что пересчете на метилйодид-131 соответствует объемной активности не менее $2{,}6 \times 10^9$ Бк/м^3	не менее 10^4	массовая концентрация 165 мг/м^3, что в пересчете на метилйодид-131 соответствует объемной активности $6{,}7 \times 10^{14}$ Бк/м^3
Объем адсорбента, см^3	Н/Д	Н/Д	Н/Д
Расход воздуха, м^3/ч	Н/Д	0,072	не менее 1 000
Время экспозиции, мин	960	не менее 60	10
Необходимые среды для работы по методике	Н/Д	-	жидкий азот

ё

Наименование параметра и единица измерения	Наименование методики или стандарта		
	[25]	[26]	[27]
Используемое для проверки вещество	смесь метилйодида-127 и метилйодида-131	смесь йода-131 и метилйодида-131	йод-131, метилйодид-131
Начальная объемная активность, Бк/м^3	массовая концентрация 1,75 мг/м^3, что в пересчете на метилйодид-131 соответствует объемной активности $7{,}1 \times 10^{12}$ Бк/м^3	от 10^{-2} до 10^6	$2{,}7 \times 10^3$ (по йоду-131); $1{,}2 \times 10^4$ (по метилйодиду-131)
Объем адсорбента, см^3	Н/Д	Н/Д	135
Расход воздуха, м^3/ч	Н/Д	Н/Д	0,83
Время экспозиции, мин	60	Н/Д	150
Необходимые среды для работы по методике	Н/Д	Н/Д	жидкий азот, гелий

Принципиальная схема установки для измерения эффективности адсорбента по метилиодиду-131 с использованием методики [22] приведена на рис. 1.23, ее общий вид – на рис. 1.24.



Условные обозначения: 1 – фильтр HEPA; 2 – расходомер; 3 – парогенератор; 4 – термостат; 5 – охладитель до точки росы; 6 – емкость для конденсата; 7 – термостат; 8 – образцы адсорбента; 9 – защитный адсорбер; 10 – охладитель; 11 – емкость с метилиодидом-131; 12 – насос.

Рисунок 1.23 – Принципиальная схема установки для измерения эффективности адсорбента по метилиодиду-131



Рисунок 1.24 – Общий вид установки для измерения эффективности адсорбента по метилиодиду-131

Общий вид стенда СИС ГРО-АФ в ООО «Аэрофильтр» г. Обнинск для измерения эффективности адсорбента по йоду-131 и метилиодиду-131 приведен на рис. 1.25.



Рисунок 1.25 – Общий вид стенда СИС ГРО-АФ

Выполним расчет активности метилйодида-131 для измерения эффективности адсорбера угольного по методике [22] (см. таблицу 1.5) в составе системы вентиляции АС.

При подаче на адсорбер воздуха с расходом 1 500 м^3/ч и объемной удельной активностью 10^5 Бк/м^3 по метилйодиду-131 активность (эквивалентная активность) воздуха, подаваемого на адсорбер угольный, по метилйодиду-131 должна быть:

$$A = \frac{V \times a \times \tau}{60} = \frac{1500 \times 10^5 \times 960}{60} = 2{,}4 \times 10^9 \text{ Бк} \qquad (1.10)$$

где V – объемный расход воздуха, м^3/ч;

a – удельная объемная активность воздуха по метилйодиду-131, Бк/м^3;

τ – время измерения, минут.

Метилйодид-131 для выполнения измерений потребуется закупать, что потребует огромных затрат, не считая проблем с доставкой и защитой персонала от радиоактивного и ядовитого вещества. Нельзя забывать также об ограниченном сроке годности метилйодида-131 из-за распада йода-131 (см. таблицу 1.1). И это только для измерения эффективности одного адсорбера угольного, а их на унифицированном блоке с РУ В-320 установлено 136.

1.5 Методы очистки воздуха от ИРГ

Инертные радиоактивные газы (ИРГ) требуют сложных очистных устройств, так как они при нормальных условиях не вступают в химические реакции. К ИРГ относятся изотопы аргона, криптона и ксенона, практически в расчет принимаются короткоживущие изотопы ксенона и криптона.

Для очистки сдувок от короткоживущих изотопов ИРГ применяют адсорбционные колонны, позволяющие достигать очень высокой эффективности улавливания (более 99%), они действуют по принципу «вечных колонн». В «вечных колоннах» одновременно с адсорбцией происходит естественный распад радионуклидов, задержанных в сорбенте.

Снижение активности ИРГ в адсорбционной колонне происходит по следующей зависимости:

$$A_к = A_н \times e^{-\left(\frac{\lambda \times Г \times V}{L}\right)} \quad (1.11)$$

где $A_к$ – конечная объемная активность, Бк/м^3;

$A_н$ – начальная объемная активность, Бк/м^3;

L – объемный расход воздуха, м^3/с;

λ – постоянная радиоактивного распада, ч$^{-1}$;

$Г$ – коэффициент адсорбции, м^3/м^3;

V – объем адсорбента, м^3.

Коэффициент адсорбции показывает, какой объем газа адсорбируется в таком же объеме адсорбента и зависит, в основном, от физико-химических свойств сорбента, адсорбируемого газа и температуры сорбции.

Полученные в результате исследований согласно [28] коэффициенты адсорбции ИРГ на различных марках активированного угля приведены в таблице 1.6.

Таблица 1.6

Температура газа, °С	Марка активированного угля и радионуклид								
	АГ-3			ВСК-5			СКТ-3		
	Ar	Kr	Xe	Ar	Kr	Xe	Ar	Kr	Xe
20	2,55	15,8	247	4,87	33,5	544	4,8	28,3	482
40	1,83	9,36	128	3,41	19,8	274	3,4	17,5	249
60	1,36	6,15	74,3	2,56	12,4	144	2,6	11,4	152
80	1,06	4,19	40,8	1,93	8,7	82	2,0	7,83	77,5

Для сравнения: согласно [29], значения динамического коэффициента адсорбции на активированном угле СКТ-3 приведены в таблице 1.7.

Таблица 1.7

Форма йода	Свежий адсорбент	Отработанный адсорбент
Молекулярный йод	$1{,}2 \times 10^5$	$0{,}5 \times 10^5$
Метилйодид	$3{,}8 \times 10^3$	$1{,}5 \times 10^3$

Таким образом, адсорберы угольные АУ-1500, АУИ-1500-1, предназначенные для очистки воздуха от молекулярного йода и метилйодида, не могут с заметной эффективностью очищать воздух от ИРГ.

Согласно [28], оптимальное время удержания изотопов ксенона и криптона, закладывающееся при проектировании радиохроматографической колонны для реакторов с водяным теплоносителем под давлением, составляет 40 сут. и 2 сут. соответственно. Минимально необходимое для этого количество активированного угля каждой из исследованных марок при объемном расходе очищаемой среды 12 м^3/ч для различных температур эксплуатации фильтров-адсорберов приведено в таблице 1.8.

Таблица 1.8

Температура газа, °С	Марка активированного угля		
	АГ-3	ВСК-5	СКТ-3
20	46	19	24
30	64	27	34
40	89	37	47

Примечания

1 Фильтры-адсорберы системы СГО на блоках Запорожской АЭС заполнены углем активированным СКТ-3С, в настоящее время снятым с производства.

2 Рабочий объем фильтров-адсорберов на одной нитке системы СГО на блоках Запорожской АЭС составляет 20 м^3.

Рассчитанные в [28] коэффициенты снижения активности суммы ИРГ при различных температурах эксплуатации фильтров-адсорберов и объеме угля активированного в одной нитке 20 м^3 приведены в таблице 1.9.

Таблица 1.9

Марка адсорбента	Температура газа, °С		
	20	30	40
АГ-3	8,3	5,6	4,1
ВСК-5	37	21	12
СКТ-3	34	19	11

Таким образом, при необходимости замены адсорбента в фильтрах-адсорберах системы СГО на действующих блоках АС и при изготовлении фильтров-адсорберов для новых блоков научными сотрудниками РХТУ рекомендуется применение активированного угля ВСК-5.

1.6 Расчетные параметры наружного воздуха для систем вентиляции и кондиционирования воздуха АС

Разработка рабочей документации на системы вентиляции и кондиционирования воздуха Запорожской АЭС началась при действующих нормах [30], в которых были указаны расчетные параметры наружного воздуха:

– А – при проектировании систем общеобменной вентиляции;

– Б – при проектировании кондиционирования воздуха;

– Б для холодного периода года – при проектировании воздушного отопления, а также воздушных и воздушно-тепловых завес;

– В – при проектировании кондиционирования воздуха в соответствии с обоснованными технологическими требованиями.

В нормах [30] для Запорожья были указаны расчетные параметры наружного воздуха, приведенные в таблице 1.10.

Таблица 1.10

Период года	Параметры А		Параметры Б		Параметры В	
	температура, °С	теплосодержание, ккал/кг	температура, °С	теплосодержание, ккал/кг	температура, °С	теплосодержание, ккал/кг
Теплый	27,1	13,3	31,2	14,0	41,0	15,8*
Холодный	-9,0	-1,3	-23,0	-5,3	-34,0	-8,1
* – более высокие значения теплосодержания наблюдались 50 ч и менее в году.						

В 1986 и 1991 годах были введены в действие нормы [31] и [32] соответственно, расчетные параметры наружного воздуха приведены в таблице 1.11 (расчетные параметры В отсутствуют).

Таблица 1.11

Период года	Параметры А		Параметры Б	
	температура, °С	удельная энтальпия, кДж/кг	температура, °С	удельная энтальпия, кДж/кг
Теплый	27,1	55,7	31,2	58,6
Холодный	-9,0	-5,4	-22,0	-21,2

Изменением № 2 к [33] с 31.07.2023 введены в действие расчетные параметры наружного воздуха для Запорожья, приведенные в таблице 1.12.

Таблица 1.12

Период года	Параметры А		Параметры Б		Абсолютная температура, °С	
	температура, °С	удельная энтальпия, кДж/кг	температура, °С	удельная энтальпия, кДж/кг	минимальная	максимальная
Теплый	27,0	52,6	31,0	56,8	-	40,0
Холодный	-6,0	-1,5	-18,0	-16,6	-32,0	-

В нормах [34], действующих до настоящего времени, указано, что для расчета систем вентиляции и кондиционирования воздуха в помещениях АС для холодного периода принимать расчетные параметры наружного воздуха Б. Для теплого периода расчетные параметры наружного воздуха следует принимать:

– для систем вентиляции – А;

– для систем кондиционирования воздуха – Б.

Для систем вентиляции и кондиционирования воздуха, определенных как системы, важные для безопасности, расчетные параметры наружного воздуха следует принимать с учетом экстремальных.

Сравнение параметров наружного воздуха, приведенных в таблице 1.10 (согласно действовавших во время разработки рабочей документации Запорожской АЭС) и в таблице 1.12 (согласно действующим в настоящее время нормам) позволяют сделать вывод об отсутствии необходимости в пересчете технических характеристик систем вентиляции и кондиционирования воздуха Запорожской АЭС.

1.7 Нормируемые параметры внутреннего воздуха в помещениях АС

Нормируемые параметры внутреннего воздуха в помещениях с постоянным пребыванием персонала указаны в 1.4 [35]:

«В кабинах, на пультах и постах управления технологическими процессами, в залах вычислительной техники и других производственных помещениях при выполнении работ операторского типа, связанных с нервно-эмоциональным напряжением, должны соблюдаться оптимальные величины температуры воздуха (22-24) °С, его относительной влажности (60-40)% и скорости движения (не более 0,1 м/с). Перечень других производственных помещений, в которых должны соблюдаться оптимальные нормы микроклимата, определяется отраслевыми документами, согласованными с органами санитарного надзора в установленном порядке».

Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в рабочей зоне производственных помещений указаны в таблице 1 [35].

Нормируемая температура воздуха в помещениях АСУТП и ТСА указана в 11.6.6 [34]:

«Номинальная температура воздуха в помещениях, где устанавливаются технические средства автоматизации (в зоне установки технических средств), должна быть такой, чтобы отсутствовали дополнительные погрешности от влияния температуры окружающей среды. Как правило, температура окружающей среды должна быть (23-25) °С, а относительная влажность воздуха не должна превышать 80% при температуре 20 °С.

В необходимых случаях для поддержания такой температуры должно предусматриваться кондиционирование воздуха.

Минимальная температура воздуха на входе в помещения должна быть не менее 14 °С.

Предельная температура воздуха в зоне установки технических средств (при отказах устройств кондиционирования) не должна выходить за пределы, указанные в технических условиях на средства АСУТП, или за пределы, при которых дополнительная погрешность не превышает установленных значений, но в любом случае должна быть не ниже 5 °С и не выше 50 °С».

Расчетные параметры среды в гермооболочке указаны в проекте и ТРБЭ, см. таблицу 1.13.

Таблица 1.13

Наименование параметра	Величина при режимах РУ			
	нормальная эксплуатация	нарушение теплоотвода из герметичной оболочки	малая течь	большая течь
Температура, °С	15-60	30-75	до 90	до 150
Давление абсолютное, МПа ($кгс/см^2$)	(0,084-0,097) (0,85-0,99)	(0,0686-0,118) (0,7-1,2)	до 0,167 (до 1,7)	до 0,49 (до 5)
Относительная влажность,%	не более 90	не более 100	парогазовая смесь	
Время существования режима, ч, не более	-	15	5	10
Частота возникновения режима	-	1 раз в год	1 раз в два года	1 раз за срок службы
Послеаварийная температура, °С, в пределах	-	-	20-60	
Послеаварийное давление абсолютное, МПа ($кгс/см^2$)	-	-	(0,069-0,118) (0,7-1,2)	
Время существования послеаварийных параметров, суток	-	-	не более 30	не более 30

1.8 Сведения о жизнеобеспечении персонала БПУ и РПУ

После аварии на АС Фукусима появилась необходимость в переоценке безопасности блоков, спроектированных по нормам 80-х годов XX столетия, в т.ч. состояния жизнеобеспечения персонала БПУ и РПУ.

Был проведен анализ развития аварий и составлен отчет [36], выдержки из которого приведены в настоящем пособии.

Живучесть БПУ и РПУ – это их способность выполнять свои функции в условиях внешних и внутренних воздействий и аварийных ситуаций. Важнейшими системами, обеспечивающими жизнедеятельность персонала в БПУ (РПУ), являются системы вентиляции и кондиционирования.

Исходный проект всех АС с РУ В-320 не предусматривал отдельных систем вентиляции для помещений блочного щита управления и резервного щита управления, которые бы обеспечивали возможность длительного нахождения в них персонала в случае аварии.

В нормах безопасности МАГАТЭ [37] приведены следующие требования к проекту щитов управления:

– проект должен быть составлен с таким расчетом, чтобы после события, воздействующего на станцию, условия окружающей среды в помещении щита управления или дополнительном помещении щита управления, а также в местах на пути доступа к этому дополнительному щиту управления не угрожали защите и безопасности эксплуатационного персонала (5.60);

– должны быть приняты надлежащие меры, включая возведение барьеров между помещением щита управления АС и внешней средой, и должна быть предоставлена достаточная информация в целях долговременной защиты лиц, находящихся в помещении щита управления, от опасностей, таких как высокие уровни излучения вследствие аварийных условий, выброс радиоактивного материала, пожар или воздействие взрывоопасных или токсичных газов (6.39).

Анализ устройства систем вентиляции и кондиционирования воздуха помещений БПУ и РПУ показал:

– забор воздуха из атмосферы обоими нитками системы выполняется на отм. 28,800 по ряду Др, т.е. при общей радиационной аварии и неблагоприятных погодных условиях возможно попадание выбросов, содержащих аэрозоли, йод и ИРГ, в воздухозаборную камеру АВ816/6 и далее в помещение БПУ. При этом возможно внешнее облучение персонала БПУ за счет ИРГ;

– в действующей НД отсутствуют требования: о нормируемом времени работы персонала в помещениях щитов управления при отказе систем вентиляции и кондиционирования воздуха, об установке газоанализаторов в помещениях щитов управления;

– технические средства для очистки воздуха от токсичных веществ рабочей документацией не предусмотрены;

– транзитные воздуховоды доступны неопределенному кругу лиц;

– расположение оборудования в боксах АВ817/1, 2 не дает возможности установки между ними противопожарных дверей, поэтому разделение каналов СБ в части системы UV55 не выполняется;

– при пожаре в вентцентре АВ815/2 и вводе в работу системы UV55 дым будет попадать в помещение БПУ (после модернизации путь попадания дыма в БПУ будет перекрыт).

В отчете [38] указано, что наиболее консервативный вариант поверхностного загрязнения площадки, сформировавшегося в результате радиоактивных выпадений, соответствует аварии «Течь из первого контура во второй с наложением полного обесточивания без учета действий по управлению тяжелыми авариями».

Предполагается, что продолжительность выброса по времени не превышает 8 часов (т.е. выброс начинается и заканчивается в течение одной смены).

Эффективная доза от выброса в окружающую среду (предполагается, что человек находится непосредственно в струе выброса) по расчету составит:

– от радиоактивных аэрозолей (включая радиоактивные изотопы йода) – $8{,}9 \cdot 10^6$ мЗв;

– радиоактивных изотопов органического йода – $8 \cdot 10^6$ мЗв;

– от радиоактивных изотопов ИРГ – $1{,}0 \cdot 10^4$ мЗв.

С учетом нормируемых значений коэффициентов очистки фильтров (10 000 для аэрозолей и 100 для йодов) доза персонала БПУ от выброса в окружающую среду смеси продуктов деления составит за смену:

– от радиоактивных аэрозолей – 890 мЗв;

– радиоактивных изотопов органического йода – $8{,}9 \cdot 10^4$ мЗв;

– от радиоактивных изотопов ИРГ – $1{,}0 \cdot 10^4$ мЗв (за счет внешнего облучения).

Согласно [2], для персонала группы А устанавливается предел эффективной дозы облучения 20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год.

Планируемое повышенное облучение в эффективной дозе до 100 мЗв в год допускается организациями (структурными подразделениями) федеральных органов исполнительной власти, осуществляющих государственный санитарно-эпидемиологический надзор на уровне субъекта Российской Федерации, а облучение в эффективной дозе до 200 мЗв в год допускается только федеральными органами исполнительной власти, уполномоченными осуществлять государственный санитарно-эпидемиологический надзор.

Таким образом, при тяжелой или запроектной аварии для предотвращения переоблучения персонала БПУ аварийную приточную систему вентиляции потребуется отключить.

При отсутствии автономных источников воздухоснабжения продолжительность работы оперативного персонала определяется:

- количеством людей;
- объемом помещений;
- выделением диоксида углерода и газов (окись углерода, органические кислоты, аммиак, ароматические углеводороды и др.) одним человеком;
- допускаемой концентрацией диоксида углерода.

Нормируемые значения двух последних параметров в НД отсутствуют.

Нормальный уровень диоксида углерода в помещении должен составлять от 0,06% до 0,08%, более высокий уровень снижает концентрацию внимания на треть. При уровне более 0,15% – 79% опрошенных испытывали чувство усталости, а при уровне более 0,2% – две трети из них заявили, что не в состоянии сосредоточиться. Снижение работоспособности коррелирует с повышением процентного содержания диоксида углерода газа в воздухе. При приближении этого показателя к 1% увеличивается время двигательной реакции, уменьшается точность реакции слежения; при (1,5-2)% начинает качественно меняться умственная деятельность человека, нарушаются функции дифференцировки, восприятия, оперативной памяти и распределения внимания.

В отчете [38] приведен расчет времени допускаемой работы оперативного персонала в помещениях БПУ и РПУ при отключении систем приточной вентиляции.

Время возрастания концентрации диоксида углерода до 0,1% составит:

- в помещении БПУ – 8,4 ч;
- в помещении РПУ – 3,6 ч.

Время возрастания концентрации диоксида углерода до 1,09% составит:

- в помещении БПУ – 18,9 ч;
- в помещении РПУ – 14,2 ч.

Таким образом, в режиме полной изоляции нельзя обойтись без технических средств регенерации воздуха. Но в реакторном отделении АС с РУ В-320 физически отсутствует место для установки регенеративных патронов и/или баллонов (ресиверов) со сжатым воздухом или кислородом для подачи в БПУ или РПУ.

Компенсирующим мероприятием может служить обеспечение оперативного персонала БПУ и РПУ изолирующими противогазами согласно [39].

2 Требования нормативных документов к системам и оборудованию вентиляции и кондиционирования воздуха

2.1 Виды нормативных документов

В РФ принята следующая иерархия нормативных документов по приоритетности их применения:

- Федеральный закон «О техническом регулировании» (184-ФЗ) [40];
- технические регламенты (ТР);
- Федеральные законы (ФЗ);
- Указы Президента РФ;
- Постановления Правительства РФ;
- международные стандарты (ISO, ISO/IEC, ISO/TR, IEC, ILO);
- межгосударственные и национальные стандарты (ГОСТ, ГОСТ Р);
- отраслевые стандарты (ОСТ), руководящие документы (РД), технические условия (ТУ);
- ведомственные стандарты, стандарты организаций, в том числе коммерческих, общественных, научных организаций, объединений юридических лиц (ВРД, СТО, ВСН, СТП, МИ);
- методические указания, методики, инструкции, нормы (МУ, ПОТ, ИОТ, РМГ);
- своды правил (СНиП, СанПиН, СП, ППБ, ПУЭ).

2.2 Нормы безопасности и издания МАГАТЭ

Серия изданий МАГАТЭ по ядерной энергии состоит из информационных публикаций, предназначенных способствовать и содействовать научно-исследовательской работе в области ядерной энергии, а также развитию ядерной энергии и ее практическому применению в мирных целях. В ней публикуются доклады и руководства о состоянии технологий и успехах в их совершенствовании, об опыте, образцовой практике и практических примерах в области ядерной энергетики, ядерного топливного цикла, обращения с радиоактивными отходами и снятия с эксплуатации.

Нормы безопасности МАГАТЭ не имеют юридически обязательной силы для государств-членов, но они могут приниматься ими по их собственному усмотрению для использования в национальных регулирующих положениях, касающихся их собственной деятельности.

Представляют интерес для специалистов в области систем вентиляции и кондиционирования воздуха отдельные главы документов:

- IAEA Safety Standards Series No. SSR-2/1 «International atomic energy agency, Safety of Nuclear Power Plants: Design», IAEA, Vienna, 2012 [Нормы безопасности МАГАТЭ для защиты людей и охраны окружающей среды. Безопасность атомных электростанций: проектирование. Конкретные требования безопасности] [37];
- Technical reports series № 274 «Design of Off-gas and Air Cleaning Systems at Nuclear Power Plants» [Серия технических отчетов № 274 «Проектирование систем очистки удаляемых газов и воздуха на атомных электростанциях»] [6];
- Technical reports series № 358 «Off-gas and Air Cleaning Systems for Accident Conditions in Nuclear Power Plants» [Серия технических отчетов № 358 «Системы очистки отходящих газов и воздуха для аварийных условий на атомных электростанциях»] [7];
- IAEA-TCS-27 «Technological and organizational aspects of radioactive waste management. A series of training courses», IAEA, Vienna, 2005 [Технологические и организационные аспекты обращения с радиоактивными отходами. Серия учебных курсов] [41].

2.3 Добровольность и обязательность применения нормативных документов

В статье 4 [42] указано, что стандартизация в Российской Федерации основывается на следующих принципах:

– добровольность применения документов по стандартизации;

– обязательность применения документов по стандартизации в отношении объектов стандартизации, предусмотренных статьей 6 данного Федерального закона.

А в статье 6 [42] указано, что порядок стандартизации в отношении продукции, для которой устанавливаются требования, связанные с обеспечением безопасности в области использования атомной энергии, а также процессов и иных объектов стандартизации, связанных с такой продукцией, устанавливается Правительством РФ.

Таким образом, применение документов по стандартизации в области использования атомной энергии является обязательным.

Приказами по АО «Концерн Росэнергоатом» периодически обновляется «Указатель технических документов, регламентирующих обеспечение безопасности на всех этапах жизненного цикла атомных станций (обязательных и рекомендуемых к использованию)» (далее – указатель ТД).

В Указатель ТД включены технические документы, выполнение и применение которых должно обеспечивать безопасность на всех этапах жизненного цикла АС:

– обязательные – документы, содержащие нормативные требования, выполнение которых обязательно при осуществлении любого вида деятельности, и нарушение которых влечет за собой наступление гражданско-правовых последствий. Обязательные документы используются в качестве основы при разработке технической документации;

– рекомендуемые – документы, не содержащие обязательных требований, применяющиеся на добровольной основе для целей повышения эффективности и качества производственно-технической деятельности. Рекомендуемые документы могут учитываться при разработке технической документации.

В Указатель ТД не включены действующие Федеральные законы и постановления Правительства Российской Федерации.

2.4 Требования 184-ФЗ «О техническом регулировании»

В Федеральном законе [40] дано определение технического регламента, т.е. документа, который принят:

– международным договором Российской Федерации, подлежащим ратификации в порядке, установленном законодательством Российской Федерации;

– или в соответствии с международным договором Российской Федерации, ратифицированным в порядке, установленном законодательством Российской Федерации;

– или указом Президента Российской Федерации;

– или постановлением Правительства Российской Федерации;

– или нормативным правовым актом федерального органа исполнительной власти по техническому регулированию,

и устанавливает обязательные для применения и исполнения требования к объектам технического регулирования (продукции или к продукции и связанным с требованиями к продукции процессам проектирования, включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации.

Продукция, соответствие которой требованиям технических регламентов подтверждено в порядке, предусмотренном [40], маркируется знаком обращения на рынке. Изображение знака обращения на рынке устанавливается Правительством Российской Федерации.

2.5 Требования технических регламентов к оборудованию систем вентиляции и кондиционирования воздуха

2.5.1 Перечень технических регламентов

На оборудование систем вентиляции и кондиционирования воздуха могут распространяться требования технических регламентов:

– ТР ТС 004/2011 «О безопасности низковольтного оборудования» [43];

– ТР ТС 020/2011 «Электромагнитная совместимость технических средств» [44];

– ТР ТС 012/2011 «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах» [45];

– ТР ТС 010/2011 «О безопасности машин и оборудования» [46];

– ТР ТС 032/2013 «О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением» [47].

2.5.2 Требования ТР ТС 004/2011

В состав систем вентиляции и кондиционирования воздуха могут входить вентиляторы, воздухонагреватели с электрическим нагревом, арматура с электроприводами, шкафы управления. На данное оборудование могут распространяться требования [43].

К низковольтному оборудованию, на которое распространяется действие указанного технического регламента, относится электрическое оборудование, предназначенное для использования при номинальном напряжении от 50 В до 1000 В (включительно) переменного тока и от 75 В до 1500 В (включительно) постоянного тока.

Перед выпуском в обращение на рынке низковольтное оборудование должно пройти подтверждение соответствия требованиям безопасности указанного технического регламента.

Низковольтное оборудование, включенное в Перечень, приведенный в приложении к указанному техническому регламенту, подлежит подтверждению соответствия в форме сертификации. Всего в перечне 9 групп низковольтного оборудования.

Низковольтное оборудование, не включенное в указанный Перечень, подлежит подтверждению соответствия в форме декларирования соответствия.

Перечень стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований [43], включен в технический регламент.

2.5.3 Требования ТР ТС 020/2011

На оборудование систем вентиляции и кондиционирования воздуха, приведенное в 2.5.2 настоящего пособия и содержащее в составе систем управления контроллеры и дисплеи, могут распространяться требования [44].

Указанный технический регламент распространяется на выпускаемые в обращение технические средства (электротехнические, электронные и радиоэлектронные изделия, а также изделия, содержащие электрические и/или электронные составные части), способные создавать электромагнитные помехи и/или качество функционирования которых зависит от воздействия внешних электромагнитных помех.

Перед выпуском в обращение на рынке техническое средство должно пройти подтверждение соответствия требованиям безопасности указанного технического регламента.

Технические средства, включенные в Перечень, приведенный в приложении к указанному техническому регламенту, подлежат подтверждению соответствия в форме сертификации. Всего в перечне 5 групп технических средств.

Технические средства, не включенные в указанный Перечень, подлежат подтверждению соответствия в форме декларирования соответствия.

Перечень стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований [44], включен в технический регламент.

2.5.4 Требования ТР ТС 012/2011

В состав систем вентиляции могут входить вентиляторы и арматура, устанавливаемые в помещениях с взрывоопасными средами или перемещающие взрывоопасные среды. На данное оборудование распространяются требования [45].

Данный технический регламент распространяется на электрическое оборудование, включая Ex-компоненты, и неэлектрическое оборудование для работы во взрывоопасных средах.

Идентификационным признаком оборудования для работы во взрывоопасных средах и Ex-компонентов является наличие средств обеспечения взрывозащиты, указанных в технической документации изготовителя, и маркировки взрывозащиты, нанесенной на оборудование и Ex-компоненты.

Перед выпуском в обращение оборудование должно пройти подтверждение соответствия требованиям безопасности указанного технического регламента.

Подтверждение соответствия оборудования носит обязательный характер и осуществляется в форме сертификации.

Процедуры подтверждения соответствия оборудования установленным в указанном техническом регламенте требованиям осуществляются аккредитованными органами по сертификации (оценке (подтверждению) соответствия) и аккредитованными испытательными лабораториями (центрами), включенными в Единый реестр органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров) Таможенного союза.

2.5.5 Требования ТР ТС 010/2011

В состав систем вентиляции может входить оборудование, на которое распространяются требования [46]:

- оборудование насосное (насосы, агрегаты и установки насосные);
- установки холодильные;
- оборудование газоочистное и пылеулавливающее;
- вентиляторы промышленные;
- кондиционеры промышленные;
- воздухонагреватели и воздухоохладители.

Данный технический регламент не распространяется на машины и (или) оборудование, специально сконструированные для применения в области использования атомной энергии. На машины и (или) оборудование общепромышленного назначения, применяемые в области использования атомной энергии, действие настоящего технического регламента распространяется в части, не противоречащей требованиям по обеспечению ядерной и радиационной безопасности.

Подтверждение соответствия указанного оборудования требованиям технического регламента должно осуществляться в форме декларирования соответствия на основании собственных доказательств и (или) полученных с участием органа по сертификации или аккредитованной испытательной лаборатории (центра), включенных в Единый реестр органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров) Таможенного союза.

2.5.6 Сведения о ТР ТС 032/2013

Отдельного нормативного документа с требованиями к разработке (проектированию), производству (изготовлению), маркировке трубопроводов пара и горячей воды в РФ нет.

Технический регламент [47] распространяется на трубопроводы и арматура, имеющие расчетное давление свыше 1 МПа, номинальный диаметр более 200 мм и произведение значения расчетного давления и значения номинального диаметра свыше 500 МПа·мм, предназначенные для жидкостей и используемые для рабочих сред группы 2.

Примечание – Группа рабочих сред: совокупность рабочих сред, подразделяемых на:

- группу 1, включающую рабочие среды, состоящие из воспламеняющихся, окисляющих (кроме воздуха с содержанием кислорода, соответствующим естественному составу атмосферного воздуха), горючих, взрывчатых, токсичных и высокотоксичных газов, жидкостей и паров в однофазном состоянии, а также их смесей;
- группу 2, включающую все прочие рабочие среды, которые не отнесены к группе 1.

На Запорожской АЭС нет оборудования и трубопроводов, подпадающих под действие указанного технического регламента.

2.6 Нормативные документы в области пожарной безопасности

2.6.1 Перечень нормативных документов

Основными нормативными документами в области пожарной безопасности, в которых имеются требования к системам вентиляции и кондиционирования воздуха, являются:

– Федеральный закон 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [48];

– СП 7.13130.2013 «Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности» [49];

– СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» [50];

– ГОСТ 12.1.044 «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения» [51];

– ГОСТ 34720 «Клапаны противопожарные вентиляционных систем. Метод испытаний на огнестойкость» [52];

– ГОСТ Р 70094 «Инженерные сети зданий и сооружений внутренние. Устройство огнестойких воздуховодов. Правила и контроль выполнения работ» [53];

– ГОСТ Р 59642 «Средства противопожарной защиты зданий и сооружений. Заполнение проемов в противопожарных преградах. Общие требования к монтажу, техническому обслуживанию и ремонту. Методы контроля» [54];

– ГОСТ Р 53302 «Оборудование противодымной защиты зданий и сооружений. Вентиляторы. Метод испытаний на огнестойкость» [55];

– ГОСТ Р 59637 «Средства противопожарной защиты зданий и сооружений. Средства огнезащиты. Методы контроля качества огнезащитных работ при монтаже (нанесении), техническом обслуживании и ремонте» [56];

– СП 432.1325800.2019 «Покрытия огнезащитные. Мониторинг технического состояния» [57];

– СТО НОСТРОЙ/НОП 2.15.162 «Инженерные сети зданий и сооружений внутренние. Устройство огнестойких воздуховодов. Правила, контроль выполнения, требования к результатам работ» [58].

2.6.2 Требования 123-ФЗ

В Федеральном законе [48] указаны требования:

– к критериям для определения предела огнестойкости конструкций для заполнения проемов в противопожарных преградах;

– к значениям предела огнестойкости противопожарных преград;

– к способам защиты лестничных клеток задымления при пожаре;

– к системам приточно-вытяжной противодымной вентиляции.

Приводить их в настоящем пособии нет необходимости.

2.6.3 Требования СП 7.13130.2013

Клапаны противопожарные и дымовые предназначены для перекрытия проемов в ограждающих строительных конструкциях, технологических проемов и отверстий в местах прохода вентиляционных каналов через междуэтажные перекрытия, стены, перегородки, а также проемов в ограждающих конструкциях приточно-вытяжных каналов противодымной вентиляции.

Клапаны противопожарные согласно [49] подразделяются на:

– нормально открытые (закрываемые при пожаре);

– нормально закрытые (открываемые при пожаре или после пожара);

– двойного действия (закрываемые при пожаре и открываемые после пожара).

Клапаны дымовые в режиме дежурства должны находиться в закрытом положении, и открываться при пожаре или после пожара.

Как правило, клапаны противопожарные применяются для установки:

– нормально открытые – на системах приточно-вытяжной вентиляции;

– нормально закрытые – на системах приточной противодымной вентиляции;

– двойного действия – на системах удаления ГОТВ и продуктов сгорания из помещений с газовым пожаротушением.

Клапаны дымовые применяются для установки на системах вытяжной противодымной вентиляции.

2.6.4 Требования СП 12.13130.2009

В [50] приведена методика определения категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. От специалиста в области систем вентиляции и кондиционирования воздуха достаточно:

– знать обозначения и характеристики категорий помещений по взрывопожарной и пожарной опасности, приведенные в таблице 1 указанного свода правил;

– уметь рассчитывать избыточное давление взрыва по методике, приведенной в приложении А указанного свода правил, для присвоения помещениям категории А или Б;

– знать критерии присвоения помещениям категории В1-В4.

2.6.5 Требования ГОСТ 12.1.044

Стандарт [51] устанавливает номенклатуру показателей пожаровзрывоопасности веществ и материалов и методы их определения

От специалиста в области систем вентиляции и кондиционирования воздуха достаточно знать определения:

– горючих (сгораемых) веществ и материалов;

– негорючих (несгораемых) веществ и материалов;

– трудногорючих (трудносгораемых) веществ и материалов;

– группы горючести;

– нижнего (верхнего) концентрационного предела распространения пламени;

– температуры самовоспламенения.

2.6.6 Требования ГОСТ 34720

Стандарт [52] устанавливает метод испытания на огнестойкость:

– клапанов противопожарных нормально открытых систем общеобменной и аварийной вентиляции, систем местных отсосов и кондиционирования воздуха;

– клапанов противопожарных нормально закрытых систем приточно-вытяжной противодымной вентиляции;

– клапанов дымовых систем вытяжной противодымной вентиляции;

– клапанов противопожарных двойного действия;

– дымовых люков (фонарей или фрамуг) систем вытяжной противодымной вентиляции с естественным побуждением.

Основным параметром клапанов противопожарных и дымовых является предел огнестойкости, т.е. время от начала нагревания испытуемого образца до наступления одного из предельных состояний при заданном перепаде давления.

В стандарте [52] установлены два вида предельных состояний клапанов противопожарных по огнестойкости:

– E – потеря целостности;

– I – потеря теплоизолирующей способности.

Критерием потери целостности является в т.ч. снижение удельного сопротивления конструкции клапана дымогазопроницанию до минимально допустимой величины.

Потеря теплоизолирующей способности клапанов дымовых не регламентируется.

Обозначение предела огнестойкости клапанов состоит из условных нормируемых предельных состояний и цифры, соответствующей времени достижения одного из них (первого по времени) в минутах, например:

– I 120 – 120 мин по признаку потери теплоизолирующей способности;

– EI 60 – 60 мин по признакам теплоизолирующей способности и потери целостности независимо от того, какой из двух достигается ранее.

2.6.7 Требования ГОСТ Р 70094

Стандартом [53] регламентируются:

– требования по устройству огнестойких воздуховодов;

– требования к выбору конструктивного исполнения огнестойких воздуховодов;

– требования к изготовлению, сборке, монтажу и испытаниям огнестойких воздуховодов, выполненных из листовой стали;

– требования к огнезащитным покрытиям огнестойких воздуховодов;

– требования к узлам пересечения строительных конструкций огнестойкими воздуховодами;

– требования к узлам подвески огнестойких воздуховодов;

– требования к проектному исполнению систем вентиляции и кондиционирования с огнестойкими воздуховодами;

– правила производства работ по изготовлению, сборке, монтажу и испытаниям огнестойких воздуховодов;

– объем контроля при производстве работ по изготовлению, сборке, монтажу и испытаниям огнестойких воздуховодов систем вентиляции и кондиционирования.

2.6.8 Требования ГОСТ Р 59642

Стандарт [54] устанавливает общие требования к монтажу, техническому обслуживанию, оценке состояния и ремонту элементов заполнения проемов (противопожарных дверей, ворот, люков и окон) в противопожарных преградах и иных строительных конструкциях зданий, сооружений.

2.6.9 Требования ГОСТ Р 53302

Стандартом [55] регламентируется методика испытаний на огнестойкость вентиляторов, предназначенных для применения в системах вытяжной противодымной вентиляции, а также в системах общеобменной, местной вытяжной вентиляции и кондиционирования, используемых в режиме вытяжной противодымной вентиляции при пожарах в зданиях и сооружениях различного назначения.

2.6.10 Требования ГОСТ Р 59637

Стандарт [56] устанавливает общие правила монтажа (нанесения) средств огнезащиты на объекты огнезащиты, методы контроля качества огнезащитных работ и порядок их применения при монтаже (нанесении), техническом обслуживании и ремонте.

2.6.11 Требования СП 432.1325800.2019

Свод правил [57] распространяется на мониторинг огнезащитных покрытий несущих стальных, железобетонных, деревянных строительных конструкций зданий и сооружений, электрических кабелей и металлических воздуховодов в целях определения их технического состояния в процессе эксплуатации.

Свод правил регламентирует процедуру, состав работ при проведении мониторинга технического состояния огнезащитных покрытий и устанавливает требования к методам и критериям оценки технического состояния и принятия обоснованных технических решений по ремонтно-восстановительным мероприятиям и способам устранения дефектов.

2.6.12 Требования СТО НОСТРОЙ/НОП 2.15.162

Стандарт [58] конкретизирует положения [48], [49] и [59] в части устройства огнестойких воздуховодов:

– систем кондиционирования воздуха
– приточно-вытяжных систем общеобменной вентиляции;
– систем аварийной вентиляции;
– приточно-вытяжных систем противодымной вентиляции;
– систем местных отсосов;
– каналов технологической вентиляции.

2.6.13 Сведения о EN 13501-3, EN 13501-4, СТБ EN 13501-3 и СТБ EN 13501-4

В ЕС требования к клапанам противопожарным и дымовым приведены в стандартах EN 13501-3 [60] и EN 13501-4 [61] соответственно.

В РБ требования к клапанам противопожарным и дымовым приведены в стандартах СТБ EN 13501-3 [62] и СТБ EN 13501-4 [63], идентичных соответствующим европейским стандартам.

Информация о клапанах противопожарных и дымовых, на которые распространяются стандарты ЕС и РБ, приведена в приложении А настоящего пособия.

2.6.14 Сведения о классификации полимерных материалов по горючести

В РФ нет стандарта о классификации полимерных материалов по горючести.

Полимерные материалы применяются в составе систем вентиляции, в частности, для изготовления гибких воздуховодов. Практически они все являются горючими, но есть различие между материалами, которые после удаления источника пламени перестают гореть, и материалами, которые продолжают гореть и разбрызгивают горящие капли.

По стандарту [64] вертикально установленный образец дважды, длительностью по 10 с, подвергается воздействию пламени высотой 10 мм. После каждой такой обработки определяется время до прекращения горения после удаления источника пламени и оценивается с помощью ватного тампона наличие капель горящего материала.

Классификация материалов осуществляется в зависимости от толщины образцов по трем классам горючести V-0, V-1 и V-2:

– UL 94 V-0: самозатухание в течение 10 с; образование капель не допускается; время до прекращения горения после удаления источника пламени – не более 30 с;
– UL 94 V-1: самозатухание в течение 30 с; образование капель не допускается; время до прекращения горения после удаления источника пламени – не более 60 с;
– UL 94 V-2: самозатухание в течение 30 с; допускается образование капель.

2.7 Требования нормативных документов к системам вентиляции помещений, в которых установлены АУГП

Нормативным документом для устройства АУГП является свод правил [65] с учетом требований [49].

В основу принципа действия АУГП положен принцип объемного тушения пожара в отдельном помещении путем создания огнетушащей концентрации ГОТВ во всем объеме данного помещения. В качестве ГОТВ применяются: хладон-125 (HFC 125); хладон-227 (HFC 227ea); FK-5-1-12.

АУГП должны обеспечивать:

– задержку выпуска ГОТВ в защищаемое помещение при автоматическом и дистанционном пуске на время, необходимое для эвакуации из помещения людей;
– отключение систем общеобменной вентиляции, местных отсосов, воздушного отопления и кондиционирования;
– закрытие противопожарных клапанов и других клапанов в составе указанных систем вентиляции в соответствии с [49] но не менее 10 с от момента включения в помещении системы оповещения и управления эвакуацией.

Время полного закрытия противопожарных и других клапанов и остановки вентиляционных потоков в воздуховодах всех систем защищаемого помещения не должно превышать принятого в проекте времени задержки.

Для удаления ГОТВ после тушения пожара следует использовать общеобменную вентиляцию зданий, сооружений и помещений или другие технические средства в соответствии с [49]. Допускается для этой цели предусматривать мобильные или переносные вентиляционные установки.

Согласно [49], для удаления газов и дыма после пожара из помещений, защищаемых АУГП, следует применять системы вентиляции:

- с механическим побуждением;
- с удалением воздуха из нижней и верхней зон помещений;
- обеспечивающих расход газов и дыма не менее четырехкратного воздухообмена;
- с компенсацией удаляемого объема газов и дыма приточным воздухом.

Согласно [49], в местах пересечения воздуховодами (кроме транзитных) ограждений помещения, защищаемого АУГП, следует устанавливать противопожарные клапаны с пределом огнестойкости не менее EI 15:

- клапаны нормально открытые – в приточных и вытяжных системах защищаемого помещения;
- клапаны нормально закрытые – в системах для удаления дыма и газа после пожара;
- клапаны двойного действия – в системах вытяжной вентиляции защищаемого помещения, используемых для удаления газов и дыма после пожара.

2.8 Требования нормативных документов к оборудованию систем вентиляции

2.8.1 Требования ГОСТ 5976

Стандарт ГОСТ 5976-2020 [66] распространяется на вентиляторы радиальные общего назначения для обычных сред, одноступенчатые со спиральным, или цилиндрическим, или прямоугольным корпусом, а также без корпуса, односторонние и двусторонние, с рабочими колесами диаметром от 200 мм до 3150 мм, создающие полное давление не выше 30 000 Па.

Он разработан на основе стандарта ГОСТ 5976-90 [67], а последний, в свою очередь, разработан на основе стандарта ГОСТ 5976-73 [68], их различия приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Параметр (свойство) и единица измерения	Требования стандарта		
	ГОСТ 5976-73 [68]	ГОСТ 5976-90 [67]	ГОСТ 5976-2020 [66]
Диаметр рабочего колеса, мм	По [69]	По [70]	По [71]
Наименование:			
− буква	Ц (радиальный или центробежный)	ВР (вентилятор радиальный)	ВР (вентилятор радиальный) или присваивается разработчиком
− первая цифра	Пятикратная величина коэффициента полного давления на режиме максимального полного КПД, округленная до целого числа	Стократная величина коэффициента полного давления на режиме максимального полного КПД, округленная до целого числа	
− вторая цифра	Величина быстроходности на режиме максимального полного КПД, округленная до целого числа		
Конструктивные исполнения	Согласно рис. 2.1	Согласно рис. 2.2	

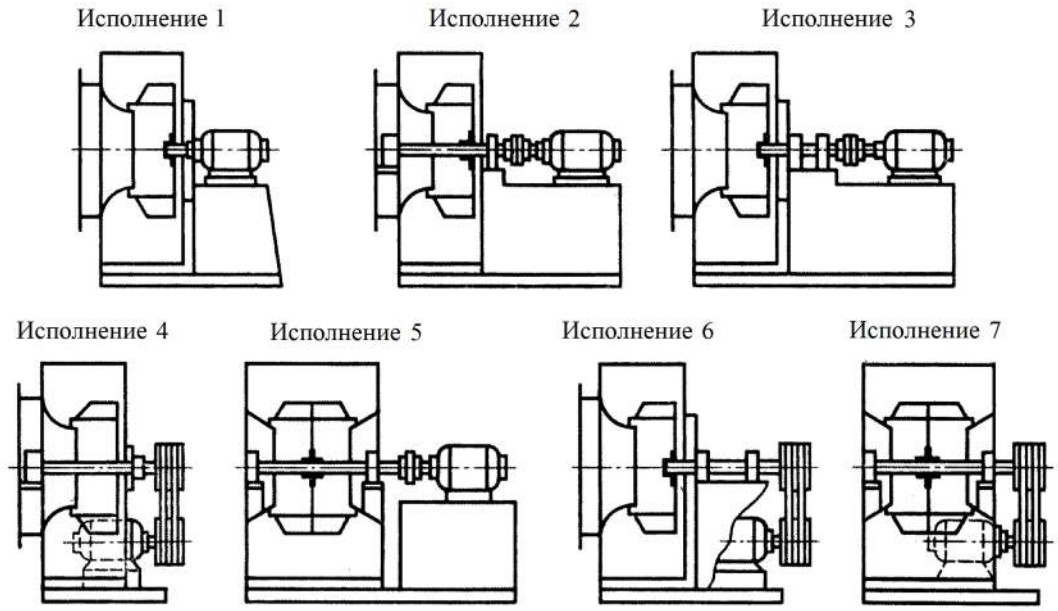


Рисунок 2.1 – Конструктивные схемы вентиляторов радиальных по ГОСТ 5976-73

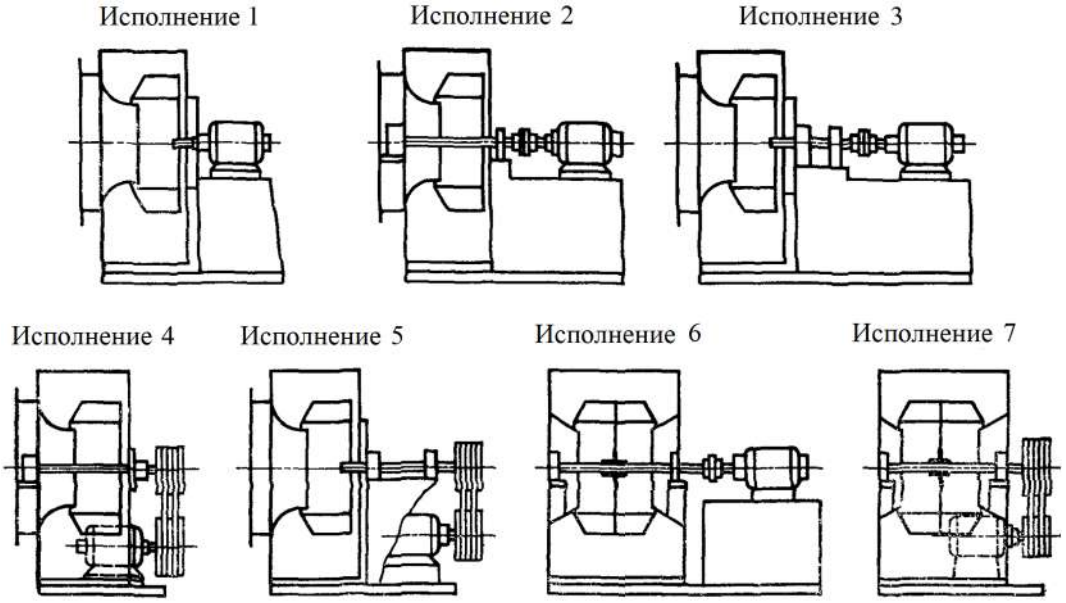


Рисунок 2.2 – Конструктивные схемы вентиляторов
радиальных по ГОСТ 5976-90, ГОСТ 5976-2020

Так что аналогом вентилятора радиального Ц4-75 № 8 исп. 6 по ГОСТ 5976-73 [68] является вентилятор радиальный ВР-80-75 № 8 исп. 5 по ГОСТ 5976-2020 [66] (см. рис. 2.2, 2.1).

Стандартом ГОСТ 5976-2020 [66] допускаются модификации вентиляторов с диаметрами колес, отличающимися от указанных в [71] на величину не более ± 10% при остальных неизменных размерах проточной части вентиляторов. Таким образом, возможна замена вентилятора исп. 6 по ГОСТ 5976-73 [68] на вентилятор исп. 1 по ГОСТ 5976-2020 [66] с промежуточным диаметром рабочего колеса.

2.8.2 Требования ГОСТ 11442

Стандарт ГОСТ 11442-2020 [72] распространяется на вентиляторы осевые общего назначения, ориентированные на обычные среды с горизонтально и вертикально расположенной осью вращения и рабочими колесами диаметром от 100 мм до 2000 мм, создающие полное давление не выше 10 000 Па на одну ступень.

Он разработан на основе стандарта ГОСТ 11442-90 [73], а последний, в свою очередь, разработан на основе стандарта ГОСТ 11442-74 [74], их различия приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2

Параметр (свойство) и единица измерения	Требования стандарта		
	ГОСТ 11442-74 [74]	ГОСТ 11442-90 [73]	ГОСТ 11442-2020 [72]
Диаметр рабочего колеса, мм	По [69]	По [70]	По [71]
Наименование:			
– буква	Не предусмотрена	ВО (вентилятор осевой)	
– первая цифра	Пятикратная величина коэффициента полного давления на режиме максимального полного КПД, округленная до целого числа	Стократная величина коэффициента полного давления на режиме максимального полного КПД, округленная до целого числа	
– вторая цифра	Величина быстроходности на режиме максимального полного КПД, округленная до целого числа		

Так что аналогом вентилятора осевой 06-300 по ГОСТ 11442-74 [74] является вентилятор осевой ВО-12-300 по ГОСТ 11442-2020 [72].

2.8.3 Требования ГОСТ 12521

Стандарт [75] устанавливает требования к промышленной трубопроводной арматуре – дисковым затворам (герметическим клапанам), применяемым в качестве запорных устройств на трубопроводах:

– на рабочее давление до 0,01 МПа (0,1 кгс/см²) и условное давление от 0,25 МПа до 2,5 МПа (от 2,5 кгс/см² до 25 кгс/см²);

– с условным проходом Dy от 40 мм до 2800 мм;

– с температурой рабочей среды от минус 60 °С до 420°С.

Примечание – Термин «герметический клапан» применяется в документации на изделия, разработанные до 01.01.1988.

В [75] указан типоразмерный ряд и основные характеристики затворов дисковых.

2.8.4 Требования ГОСТ Р 53673

Стандарт [76] распространяется на запорные, запорно-регулирующие и регулирующие дисковые затворы на номинальное давление не более PN 250 с ручным приводом, электро-, пневмо- и гидроприводом, предназначенные для работы на жидких и газообразных средах.

2.8.5 Требования ГОСТ 34610

Стандарт [77] распространяется на электроприводы, предназначенные для управления трубопроводной арматурой, и устанавливает основные технические требования, правила приемки и методы испытаний электроприводов.

2.8.6 Требования ГОСТ 27330

Стандарт [78] регламентирует основные параметры воздухонагревателей общего назначения для систем кондиционирования воздуха и вентиляции, осуществляющих нагревание воздуха с использованием теплоты горячей (или перегретой) воды или водяного пара, поступающих от внешних источников.

2.8.7 Сведения о стандарте AMCA 99-2406

В рабочей документации систем вентиляции и кондиционирования воздуха какого-либо объекта зарубежной АЭС или в тендерном предложении может быть указано положение корпуса вентилятора, например, CCW360 и положение электродвигателя, например, W.

Это означает, что для указания конструктивного исполнения вентиляторов был использован стандарт [79], сведения о нем приведены в приложении Б настоящего пособия.

2.8.8 Сведения о стандарте ISO 13349-2

В рабочей документации систем вентиляции и кондиционирования воздуха какого-либо объекта зарубежной АЭС или в тендерном предложении может быть указано положение корпуса вентилятора, например, RD90.

Это означает, что для указания конструктивного исполнения вентиляторов был использован стандарт [80], сведения о нем приведены в приложении В настоящего пособия.

2.9 Требования нормативных документов к электрооборудованию

2.9.1 Общие сведения

В состав оборудования систем вентиляции и кондиционирования воздуха входят (в зависимости от назначения):

- электродвигатели;
- электроприводы;
- электромагниты;
- концевые выключатели, сигнальные лампы и светодиоды;
- контроллеры.

В состав систем управления оборудованием вентиляции и кондиционирования воздуха входят (в зависимости от назначения):

- шкафы управления, в т.ч. встроенные;
- кнопки управления;
- щиты и пульты управления.

По этой причине специалист в области вентиляции и кондиционирования воздуха должен иметь общее представление о нормативных документах по электрооборудованию.

2.9.2 Требования ГОСТ 12.2.007.0

Стандарт [81] распространяется на электротехнические изделия и устанавливает общие требования безопасности к их конструкции.

Специалист в области систем вентиляции и кондиционирования воздуха должен знать требования 3.3.7 [81]:

«В изделии должно быть обеспечено электрическое соединение всех доступных прикосновению металлических нетоковедуших частей изделия, которые могут оказаться под напряжением, с элементами для заземления.

Значение сопротивления между заземляющим болтом (винтом, шпилькой) и каждой доступной прикосновению металлической нетоковедущей частью изделия, которая может оказаться под напряжением, не должно превышать 0.1 Ом».

Это требование должно быть включено в ТУ на оборудование, содержащее электрические компоненты, программы приемочных и приемо-сдаточных испытаний.

2.9.3 Требования ГОСТ 14254

Согласно требованиям стандарта [82], всему без исключения электрооборудованию и его элементам в зависимости от условий эксплуатации и места установки изготовитель должен назначить степень защиты оболочек (код IP).

А в ТЗ на закупку оборудования, если в его состав входит электрооборудование или его элементы, следует указывать минимальную степень защиты оболочек (код IP).

К степени защиты оболочек электрооборудования, предназначенного для применения в потенциально взрывоопасных средах, согласно [83], предъявляются следующие требования:

- в оборудовании, предназначенном для применения в средах с присутствием газа/пара, где попадание пыли или проникание жидкости может вызвать неисправность, приводящую к появлению источника воспламенения, оболочка должна соответствовать, как минимум, степени защиты IP54;

– в оборудовании, предназначенном для применения в потенциально взрывоопасных средах с присутствием горючей пыли, где попадание пыли может вызвать появление источника воспламенения или воспламенение, оболочка должна соответствовать, как минимум, степени защиты IP6X (X – любое число).

От специалиста в области систем вентиляции и кондиционирования воздуха достаточно знать определения, приведенные в [82] и типовые коды IP для различного электрооборудования.

2.9.4 Требования ГОСТ Р 58698

Стандарт [84] распространяется на защиту людей от поражения электрическим током и устанавливает требования, которые являются общими для электрических установок, систем и оборудования.

От специалиста в области систем вентиляции и кондиционирования воздуха достаточно знать определения классов I, II, III и уметь читать соответствующую маркировку на электрооборудовании или в инструкциях.

2.9.5 Требования ГОСТ IEC 60034-1

Стандарт [85] распространяется на все вращающиеся электрические машины постоянного и переменного тока без ограничения мощности, напряжения и частоты.

Специалист в области систем вентиляции и кондиционирования воздуха должен знать требования 5.2.1 [85]:

«Номинальные данные для продолжительного режима – номинальные данные, при которых машина может работать неограниченное время и при этом соответствовать требованиям стандарта. Этот класс номинальных данных соответствует типовому режиму S1 и обозначается, как для режима S1».

Таким образом, если расчетная мощность на валу электродвигателя равна, например, 11 кВт, достаточно применить электродвигатель этой же номинальной мощности.

2.9.6 Требования ГОСТ IEC 61293

Стандарт [86] стандарт устанавливает минимальные требования и общие правила маркировки электрического оборудования с номинальными значениями и другими характеристиками.

Специалист в области систем вентиляции и кондиционирования воздуха должен уметь по маркировке электрооборудования определять требуемые для него характеристики системы электроснабжения.

2.9.7 Требования ГОСТ Р МЭК 60073

Стандарт [87] устанавливает основные правила обозначения органов управления и контрольных устройств, кодирования информации в виде сигналов.

Специалисту в области систем вентиляции и кондиционирования воздуха необходимо знать требования указанного стандарта для назначения цвета светодиодов на пультах управления противопожарными и дымовыми клапанами согласно таблице 2.3.

Таблица 2.3 (из таблицы 2 [87]) – Функциональные значения цвета для кодирования

Цвет	Смысловое значение		
	Безопасность людей или оборудования	Состояние процесса	Состояние оборудования
Красный	Опасность	Критическое состояние	Неисправность
Зеленый	Безопасность	Нормальное	Нормальное

Вот пример применения требований [87]:

Противопожарные нормально открытые клапаны в режиме дежурства открыты, при этом на пультах управления должны загораться зеленые светодиоды, при пожаре они закрываются и должны загораться красные светодиоды.

А противопожарные нормально закрытые и дымовые клапаны в режиме дежурства закрыты, при этом на пультах управления должны загораться зеленые светодиоды, при пожаре они открываются и должны загораться красные светодиоды.

Оперативный персонал может привыкнуть к тому, что при закрытом положении арматуры на щитах (пультах) управления загораются красные светодиоды, а при открытом положении арматуры – зеленые светодиоды, тогда с этим следует считаться.

2.10 Требования нормативных документов к оборудованию систем вентиляции, предназначенного для применения в потенциально взрывоопасных средах

Оборудование систем вентиляции, предназначенное для применения в потенциально взрывоопасных средах, классифицируется по группам и уровне взрывозащиты, требования к электрическим и неэлектрическим компонентам указаны в стандартах [83] и [88] соответственно.

Стандарт [89] устанавливает требования к проектированию, конструированию, проведению испытаний и маркировке готовых узлов вентиляторов, предназначенных для использования в потенциально взрывоопасных средах в воздухе, содержащем газ, пар, туман и/или части пыли. Подобные среды могут присутствовать внутри или снаружи (перемещаемой среды), а также внутри или снаружи вентилятора.

От специалиста в области систем вентиляции и кондиционирования воздуха требуется уметь читать обозначения оборудования, предназначенного для использования в потенциально взрывоопасных средах и применять требования стандартов [83], [88] и [89] при составлении ТЗ на закупку оборудования.

2.11 Требования нормативной документации к фильтрам воздушным

2.11.1 История требований к фильтрам воздушным в нормативной документации

Исторически сегодняшняя система классификации воздушных фильтров была введена в РФ в 1999 году, когда был принят стандарт [13], разработанный на базе двух Евростандартов [90] и [91].

Классификация фильтров общего назначения по [13] приведена в таблице 2.4.

Таблица 2.4

Группа фильтров	Класс фильтра	Средняя эффективность, %	
		E_c	E_a
Фильтры грубой очистки	G1	$E_c < 65$	-
	G2	$65 \le E_c < 80$	-
	G3	$80 \le E_c < 90$	-
	G4	$90 \le E_c$	-
Фильтры тонкой очистки	F5	-	$40 \le E_a < 60$
	F6	-	$60 \le E_a < 80$
	F7	-	$80 \le E_a < 90$
	F8	-	$90 \le E_a < 95$
	F9	-	$95 \le E_a$
Обозначения: E_c – эффективность, определяемая по синтетической пыли весовым методом (по разности массовой концентрации частиц до и после фильтра); E_a – эффективность, определяемая по атмосферной пыли			

Классификация фильтров, обеспечивающих специальные требования к чистоте воздуха, в том числе чистых помещений, по [13] приведена в таблице 2.5.

Таблица 2.5

Группа фильтра	Класс фильтра	Интегральное значение		Локальное значение	
		эффективности, %	коэффициента проскока, %	эффективности, %	коэффициента проскока, %
Фильтры высокой эффективности	H10	85	15	-	-
	H11	95	5	-	-
	H12	99,5	0,5	97,5	2,5
	H13	99,95	0,05	99,75	0,25
	H14	99,995	0,005	99,975	0,025
Фильтры сверхвысокой эффективности	U15	99,9995	0,0005	99,9975	0,0025
	U16	99,99995	0,00005	99,99975	0,00025
	U17	99,999995	0,000005	99,9999	0,0001

Позднее в РФ были приняты стандарты [92] и [93], идентичные действовавшим тогда в Европе стандартам [94] и [95] соответственно.

Классификация фильтров общего назначения по [92] приведена в таблице 2.6.

Таблица 2.6

Класс	Конечный перепад давления, Па	Средняя пылезадерживающая способность A*m* по синтетической пыли, %	Средняя эффективность E*m* для частиц с размерами 0,4 мкм, %
G1	250	$50 \le Am < 65$	-
G2	250	$65 \le Am < 80$	-
G3	250	$80 \le Am < 90$	-
G4	250	$90 \le Am$	-
F5	450	-	$40 \le Em < 60$
F6	450	-	$60 \le Em < 80$
F7	450	-	$80 \le Em < 90$
F8	450	-	$90 \le Em < 95$
F9	450	-	$95 \le Em$
Примечание – Характеристики атмосферной пыли значительно отличаются от контрольного аэрозоля, используемого при испытаниях. В связи с этим по результатам испытаний трудно судить об эксплуатационных характеристиках или сроке службы. На эффективность также отрицательно влияет потеря статического заряда или отделение частиц			

В таблице 2.6 отсутствует нормируемое значение эффективности (пылезадерживающей способности) фильтров общего назначения по атмосферной пыли, причины указаны в примечании к ней.

Классификация фильтров высокоэффективных воздушных по [93] приведена в таблице 2.11.

В дальнейшем происходило развитие и совершенствование Евростандартов, в результате чего появились новые версии этих стандартов [18] и [21]. Эти изменения были учтены в новых версиях стандартов РФ [14] и [12].

Обратите внимание на то, что с 01.12.2013, т.е. с даты отмены [13], в РФ не действуют стандарты, в которых указаны требования к эффективности (пылезадерживающей способности) фильтров общего назначения по атмосферной пыли и методика измерения данного параметра. Таким образом, указание в нормах и правилах, стандартах Росатома и Росэнергоатома требований к эффективности (пылезадерживающей способности) фильтров общего назначения по атмосферной пыли неправомерно.

2.11.2 Требования нормативной документации к фильтрам общего назначения

Фильтры очистки воздуха общего назначения согласно стандарту [14] разделены на три группы:

- грубой очистки – классы G1-G4;
- средней очистки – классы M5, M6;
- тонкой очистки – классы F7-F9.

Классификация фильтров общего назначения приведена в таблице 2.7.

Таблица 2.7

Группа	Класс	Средняя пылезадерживающая способность A_m по синтетической пыли, %	Средняя эффективность E_m для частиц размером 0,4 мкм, %	Минимальная эффективность E_m [1)] для частиц размером 0,4 мкм, %
Фильтры грубой очистки	G1	$50 \le A_m < 65$	–	–
	G2	$65 \le A_m < 80$	–	–
	G3	$60 \le A_m < 90$	–	–
	G4	$90 \le A_m$	–	–
Фильтры средней очистки	M5	–	$40 \le E_m < 60$	–
	M6	–	$60 \le E_m < 80$	–
Фильтры тонкой очистки	F7	–	$80 \le E_m < 90$	35
	F8	–	$90 \le E_m < 95$	55
	F9	–	$95 \le E_m$	70
[1)] Минимальная эффективность – это наименьшая эффективность из начальной эффективности, эффективности разряженного фильтра и наименьшей эффективности, полученной при проведении испытания.				

В стандарте [14] приведены методики определения следующих технических характеристик фильтров:

- класса;
- пылеемкости;
- начального и конечного перепада давления воздуха.

Следует отметить, что стандарт [14] идентичен европейскому стандарту [18], который в июне 2018 года был заменен на европейский стандарт [19].

С 01.01.2023 в РФ действует стандарт на фильтры воздушные общего назначения [15], модифицированный по отношению к стандарту [19].

Различия в методах испытаний фильтров воздушных общего назначения по стандартам [14] и [15] приведены в таблице 2.8.

Таблица 2.8

Параметр	Требования [14]	Требования [15]
Размер частиц для классификации, мкм	Для классов G1-G4 – от 0,97 до 352. Для классов M5, M6, F7-F9 – 0,4	От 0,3 до 1 (ИСО ePM_1) От 0,3 до 2,5 (ИСО $ePM_{2,5}$) От 0,3 до 10 (ИСО ePM_{10})
Контрольное вещество	Для классов G1-G4 – синтетическая пыль. Для классов M5, M6, F7-F9 – DEHS	Для ИСО грубой очистки – синтетическая пыль A2 fine по [17]. Для ИСО ePM_1 – DEHS. Для ИСО $ePM_{2,5}$ и ИСО ePM_{10} – хлорид калия

Согласно 7.3 [15], отнесение фильтра к одной из четырех групп, перечисленных в таблице 2.9, осуществляют на основе значения начальной пылезадерживающей способности, трех значений эффективности ePM_1, $ePM_{2,5}$ и ePM_{10}, значений минимальной эффективности ePM_1min и $ePM_{2,5}min$.

Таблица 2.9

Наименование группы	Требование			Значение величины, характеризующей класс
	ИСО ePM_1min	ИСО $ePM_{2,5}min$	ИСО ePM_{10}	
ИСО грубой очистки	–	–	Менее 50%	Начальная гравиметрическая пылезадерживающая способность
ИСО ePM_{10}	–	–	Не менее 50%	ePM_{10}
ИСО $ePM_{2,5}$	–	Не менее 50%	–	$ePM_{2,5}$
ИСО ePM_1	Не менее 50%	–	–	ePM_1

Класс фильтра представляют в виде соответствующего значения и наименования группы. Для указания классов по ePM соответствующие значения эффективности округляют в меньшую сторону до кратного 5%. Значения, превышающие 95%, приводят как «более 95%».

Пример указания класса фильтра: ИСО грубой очистки 60%, ИСО ePM_{10} 60%, ИСО $ePM_{2,5}$ 80%, ИСО ePM_1 85% или ИСО ePM_1 более 95%.

За исключением фильтров группы ИСО грубой очистки испытание с подачей пыли и определение начальной пылезадерживающей способности необязательно. Фильтры ИСО грубой очистки могут быть классифицированы только на основе их начальной пылезадерживающей способности, и поэтому определение значений ePMx в этом случае необязательно.

На основании результатов испытаний и таблицы 2.9 фильтры могут быть отнесены к двум или нескольким группам. Например, фильтр, классифицированный как ИСО ePM_1 85%, также может быть классифицирован как ИСО ePM_{10} 95%. Однако, в соответствии с [15], фильтры должны быть отнесены к одной единственной группе и только эту группу указывают в маркировке фильтра. Значение начальной пылезадерживающей способности не обязательно для всех фильтров, кроме фильтров класса ИСО грубой очистки, для которых это значение определяет класс фильтра, и его обязательно указывают.

Экспертная оценка соответствия класса фильтров общего назначения по [14] и [15] приведена в таблице 2.10.

Таблица 2.10

Класс по [14]	Средняя эффективность по [15],%			
	ИСО ePM_1	ИСО $ePM_{2,5}$	ИСО ePM_{10}	ИСО грубой очистки
G1	–	–	–	–
G2	–	–	–	30-50
G3	–	–	–	45-65
G4	–	–	–	60-85
M5	5-35	10-45	40-70	80-95
M6	10-40	20-50	60-80	Более 90
F7	40-65	65-75	80-90	Более 95
F8	65-90	75-95	90-100	Более 95
F9	80-90	85-95	90-100	Более 95

Методы измерения параметров фильтров воздушных общего назначения по [15] приведены в стандартах [96], [97], [98].

2.11.3 Требования нормативной документации к фильтрам высокоэффективным воздушным

Фильтры высокоэффективные воздушные согласно стандарту [11] разделены на три группы:

- группы E – EPA фильтры классов E10-E12;
- группы H – HEPA фильтры классов H13, H14;
- группы U – ULPA фильтры классов U15-U17.

Классификация фильтров высокоэффективных воздушных по [11] приведена в таблице 2.11.

Таблица 2.11

Класс фильтра	Интегральное значение,%		Локальное значение,%	
	эффективность	проскок	эффективность	проскок
E10	≥ 85	≤ 15	–	–
E11	≥ 95	≤ 5	–	–
E12	≥ 99,5	≤ 0,5	–	–
H13	≥ 99,95	≤ 0,05	≥ 99,75	≤ 0,25
H14	≥ 99,995	≤ 0,005	≥ 99,975	≤ 0,025
U15	≥ 99,9995	≤ 0,0005	≥ 99,9975	≤ 0,0025
U16	≥ 99,99995	≤ 0,00005	≥ 99,99975	≤ 0,00025
U17	≥ 99,999995	≤ 0,000005	≥ 99,9999	≤ 0,0001

Для контроля утечки и испытаний эффективности фильтров средний диаметр частиц контрольного аэрозоля должен быть близок к размеру наиболее проникающих частиц (MPPS) для фильтрующего материала.

В стандарте [11] приведены методики определения следующих технических характеристик:

- класса;
- MPPS;
- перепада давления воздуха.

Обратите внимание на то, что для фильтров высокоэффективных воздушных по стандарту [11] не регламентируется пылеемкость и конечный перепад давления воздуха. Считается, что перед ними должны быть установлены фильтры общего назначения, которые должны очистить воздух от значительной части пылинок размером более 0,4 мкм (см. 2.11.2 настоящего пособия).

Европейский стандарт [99] впервые был введен в действие в октябре 2011 года Международной организацией по стандартизации с целью унификации различных стандартов, действовавших в США и Европе. При его переиздании был введен в действие стандарт [100].

Стандарт [100] устанавливает отличающуюся от этого классификацию фильтров, что не принято ни в ЕС, ни в РФ. В связи с этим в ЕС принят стандарт [21], идентичный перевод которого введен в РФ в качестве [11]. Это обеспечивает удобство в работе и единое понимание производителей фильтров, монтажных организаций, испытателей и пользователей.

В стандарте [11] сохранена классификация фильтров высокоэффективных воздушных, приведенная ранее в [12].

Методы измерений эффективности фильтров высокоэффективных воздушных по [11] приведены в стандартах [101], [102], [103], [104], вводимых в действие с 01.01.2025. Указанные стандарты предусматривают оценку эффективности всех фильтров на основе счета частиц с использованием жидких или (как альтернатива) твердых контрольных аэрозолей, что позволяет выполнять стандартную классификацию фильтров как по интегральной, так и по локальной эффективности, что обычно покрывает большинство требований в различных областях применения.

Методы измерений эффективности фильтров высокоэффективных воздушных основаны на счете частиц в точке с наибольшим проскоком (MPPS), которая для микростекловолокнистых фильтров составляет примерно от 0,12 мкм до 0,25 мкм. Этот метод также позволяет испытывать сверхвысокоэффективные фильтры очистки воздуха со сверхнизким проскоком, что не достигалось при использовании прежних методов контроля из-за их недостаточной чувствительности.

В приложении А [103] описан тест на масляную струйку, методика и характеристики используемого аэрозоля те же, что приведены в ранее действовавшем стандарте [20] (см. 1.4.4 настоящего пособия). При отсутствии масляной струйки считается, что фильтры классов H13 или H14 не имеют проскока по значениям, установленным стандартом [11].

Если в рабочей документации или ТЗ на закупку фильтров высокоэффективных воздушных будет указан класс, например, ISO 30E, то в справочном приложении А [11] имеется сравнение классификаций по [21] и [100], можно найти эквивалентный класс, см. таблицу 2.12.

Таблица 2.12

Параметры по [21]			Параметры по [100]		
Класс и группа фильтра	Интегральное значение,%		Класс и группа фильтра	Интегральное значение,%	
	эффективность	проскок		эффективность	проскок
E10	≥ 85	≤ 15	–	–	–
E11	≥ 95	≤ 5	ISO 15E	≥ 95	≤ 5
			ISO 20E	≥ 99	≤ 1
E12	≥ 99,5	≤ 0,5	ISO 25E	≥ 99,5	≤ 0,5
			ISO 30E	≥ 99,9	≤ 0,1
H13	≥ 99,95	≤ 0,05	ISO 35H	≥ 99,95	≤ 0,05
			ISO 40H	≥ 99,99	≤ 0,01
H14	≥ 99,995	≤ 0,005	ISO 45H	≥ 99,995	≤ 0,005
			ISO 50U	≥ 99,999	≤ 0,001
U15	≥ 99,9995	≤ 0,0005	ISO 55U	≥ 99,9995	≤ 0,0005
			ISO 60U	≥ 99,9999	≤ 0,0001
U16	≥ 99,99995	≤ 0,00005	ISO 65U	≥ 99,99995	≤ 0,00005
			ISO 70U	≥ 99,99999	≤ 0,00001
U17	≥ 99,999995	≤ 0,000005	ISO 75U	≥ 99,999995	≤ 0,000005

2.12 Требования нормативных документов к оборудованию систем кондиционирования воздуха с холодильными системами и установками

2.12.1 Требования ГОСТ EN 378-1

Стандарт [105] определяет требования безопасности и охраны окружающей среды на этапах проектирования, производства, строительства, монтажа, эксплуатации, технического обслуживания, ремонта и утилизации холодильных систем и установок по отношению к окружающей среде в помещениях и окружающей среде в целом.

От специалиста в области систем вентиляции и кондиционирования воздуха требуется уметь определять предельно допустимую величину заправки хладагента в холодильную машину по следующим исходным данным:

- марке и группе опасности хладагента;
- категории помещения, содержащего холодопотребляющий объект;
- вариант исполнения холодильной системы;
- вариант размещения холодильной системы;
- ППНЧ.

2.12.2 Требования ГОСТ Р ЕН 378-2

Стандарт [106] распространяется на проектирование, производство и монтаж холодильных систем, в том числе трубопроводов, элементов и материалов, включая вспомогательное оборудование, непосредственно связанное с такими системами. Он также устанавливает требования к испытаниям, вводу в эксплуатацию, маркировке и документации.

От специалиста в области систем вентиляции и кондиционирования воздуха требуется применять требования стандарта при разработке ТЗ на закупку, проверке ТУ, программ приемочных и приемо-сдаточных испытаний холодильного оборудования.

В 6.4.3 [106] очень подробно изложены требования к руководству по эксплуатации, на этот пункт стандарта вполне можно сослаться в ТЗ на закупку оборудования в разделе «Требования к форме представляемой информации».

2.12.3 Требования ГОСТ EN 378-3

Стандарт [107] устанавливает требования безопасности по месту размещения (производственному помещению, службам и необходимым индивидуальным средствам защиты), холодильных систем.

2.12.4 Требования ГОСТ EN 378-4

Стандарт [108] устанавливает требования безопасности и экологических аспектов к эксплуатации, техническому обслуживанию, ремонту холодильных установок и восстановления, повторного использования и удаления всех видов хладагентов.

2.12.5 Требования ГОСТ ISO 817

Стандарт [109] устанавливает определенную систему присвоения номеров хладагентам и префиксов, обозначающих состав хладагентов.

2.12.6 Требования ГОСТ Р 58541.2

Стандарт [110] определяет требования к условиям испытаний для проведения оценки кондиционеров, агрегатированных охладителей жидкости и тепловых насосов, использующих воздух, воду или рассол в качестве теплоносителя, с компрессорами с электроприводом для обогрева и охлаждения помещений. В стандарте также указаны условия испытаний для оценки чиллеров с воздушным охлаждением и с охлаждением с использованием воды.

2.12.7 Требования ГОСТ 32969

Стандарт [111] определяет стандартные условия для оценки производительности и эффективности кондиционеров с воздуховодами и тепловых насосов «воздух-воздух», кроме тепловых насосов, использующих воду, и кондиционеров с водяным охлаждением.

2.12.8 Требования ГОСТ 32970

Стандарт [112] определяет стандартные условия для оценки производительности и эффективности кондиционеров и тепловых насосов «воздух-воздух» без воздуховодов и распространяется на кондиционеры и тепловые насосы с воздуховодами номинальной холодопроизводительностью менее 8 кВт, предназначенными для работы при внешнем статическом давлении менее 25 Па.

2.12.9 Требования ГОСТ 32968

Стандарт [113] устанавливает требования к порядку выпуска в обращение, применению по назначению, хранению, упаковке, транспортированию, извлечению и переработке (утилизации, уничтожению) хладагентов, используемых в холодильных установках на базе паровых компрессионных холодильных машин.

2.13 Требования к плотности вентиляционной арматуры

В РФ нет стандарта, устанавливающего требования к величине протечек через закрытую заслонку, т.е. невозможно предсказать расход воздуха через закрытые обратные клапаны (заслонки воздушные с электроприводом):

– из помещения в атмосферу из-за естественного перепада давления воздуха;

– из атмосферы на воздухонагреватели в холодный период года;

– из коллектора в резервный вентилятор с раскручиванием его рабочего колеса в обратную сторону.

В странах ЕС и в США используются два стандарта: европейский [114] и американский [115]. Они определяют методику испытаний воздушных клапанов на:

– утечку через закрытую заслонку «Leakage factor» (классы 1-4);

– утечку через корпус клапана «Case leakage» (классы A-D);

– пропуск тепла через закрытый клапан «Energy performance»;

– момент, требуемый для открытия-закрытия клапана «Required tongue»;

– перепад давления воздуха на открытом клапане «Air performance».

Дополнительно в США также введено определение клапанов со сверхнизкой протечкой (ULL – «Ultra-low leakage») и клапанов с нулевой протечкой «Zero leakage» – клапаны «пузырьковой плотности» («Bubble tight»), в которых можно «носить воду».

Диапазон характеристик утечки через закрытую заслонку разбит на классы:

– 0 – протечка не регламентируется;

– 1, 2, 3, 4 – протечка регламентируется.

Границы классов утечки через закрытую заслонку показаны на рис. 2.3.

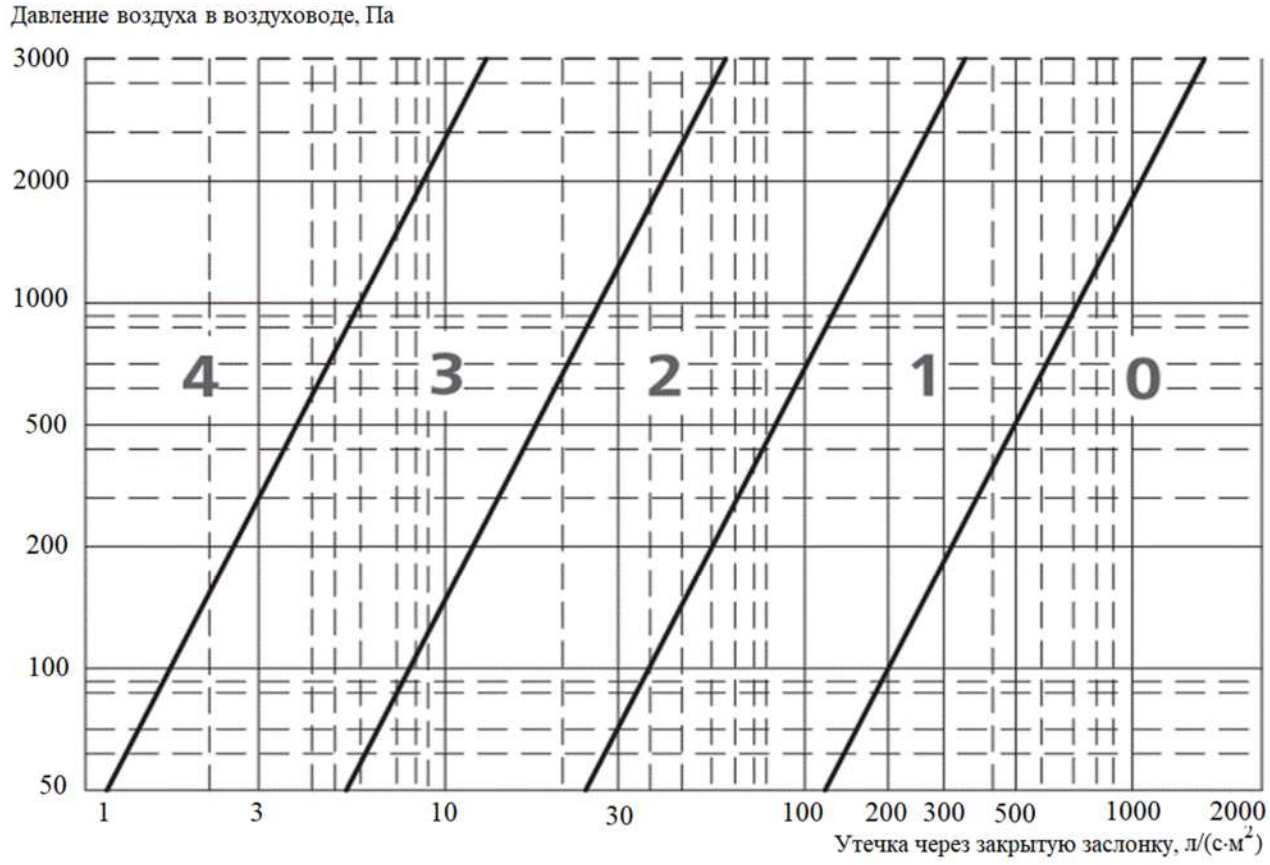


Рисунок 2.3 – Зависимость утечки через закрытую заслонку от давления воздуха

Диапазон характеристик утечки через корпус разбит на классы A, B и C.

Границы классов утечки через корпус показаны на рис. 2.4.

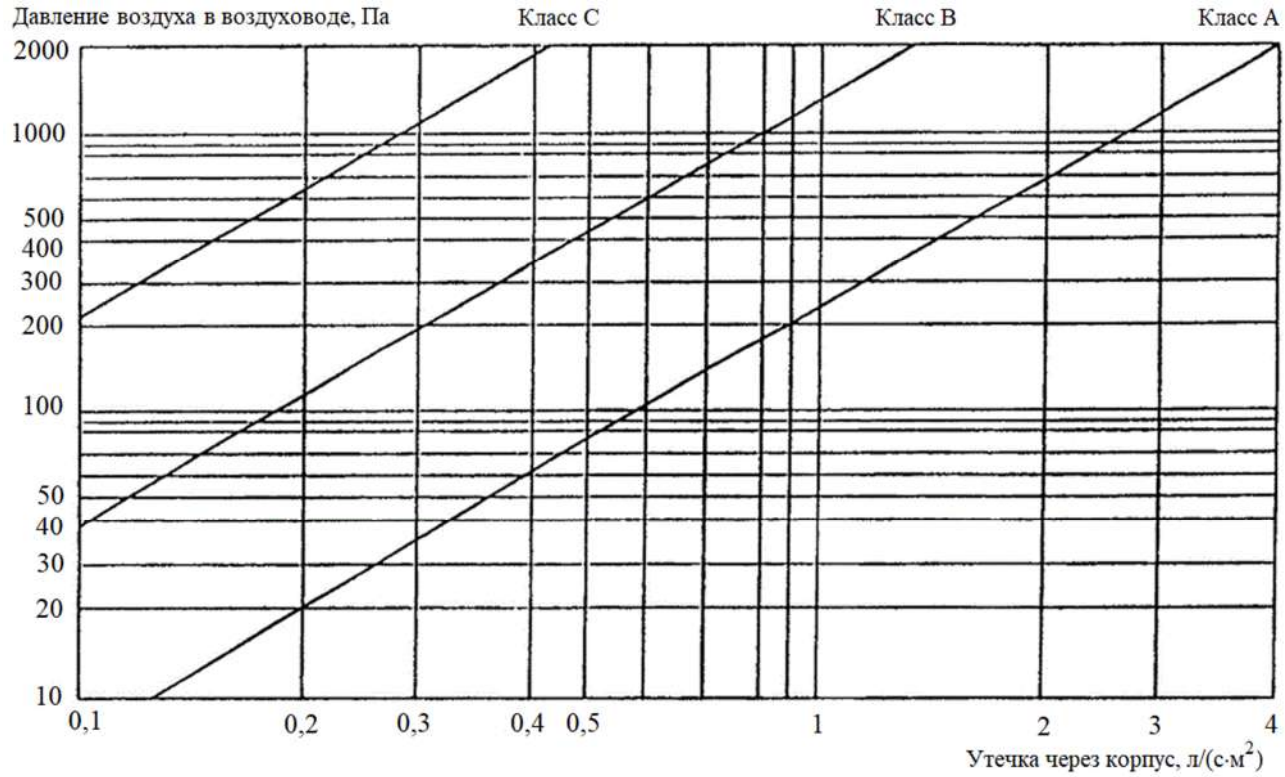


Рисунок 2.4 – Зависимость утечки через корпус от давления воздуха

Общий вид стенда для измерения утечек через закрытую заслонку показан на рис. 2.5.



Рисунок 2.5 – Общий вид стенда для измерения утечек через закрытую заслонку

2.14 Требования НД к воздуховодам систем вентиляции и кондиционирования воздуха

2.14.1 Требования ГОСТ Р 70349

В стандарте [116] приведены общие требования к воздуховодам систем вентиляции и кондиционирования воздуха.

2.14.2 Сведения о ВСН 353-86

Нормы [117] устанавливают размеры поперечных сечений воздуховодов, номенклатуру и основные размеры унифицированных деталей, схемы образования узлов ответвления из унифицированных деталей, КМС отводов и узлов ответвления.

2.14.3 Сведения о РД 95 933-91

Руководящий документ [118] распространяется на воздуховоды систем вентиляции, воздушного отопления, кондиционирования воздуха и фасонные элементы систем местных отсосов, изготовляемые из углеродистой стали, и устанавливает типы и размеры элементов воздуховодов.

2.14.4 Сведения о ГОСТ 24751

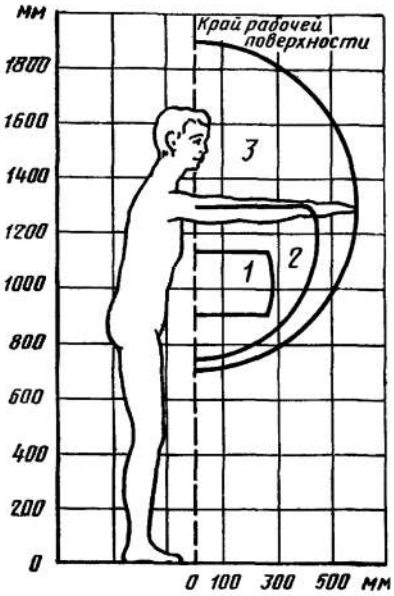
Стандарт [119] устанавливает номинальные размеры поперечных сечений присоединений воздухотехнического оборудования между собой и с воздуховодами прямоугольного и круглого сечений.

Стандарт не распространяется на соединения составных частей секционных кондиционеров, газоочистного, пылеулавливающего оборудования, оборудование и арматуру судовых систем.

2.15 Требования нормативных документов по эргономике

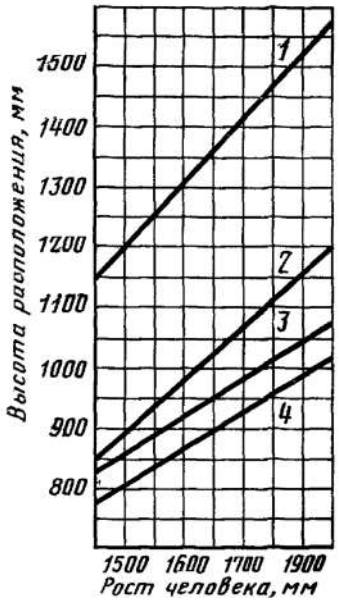
Управление системами вентиляции и кондиционирования воздуха производится со щитов и шкафов управления. Контроль параметров автономных кондиционеров и управление ими, как правило, производится со встроенного шкафа управления и/или контроллера.

Расположение органов контроля и управления оборудованием должно соответствовать требованиям эргономики согласно [120].



Условные обозначения: 1 – зона для размещения часто используемых и наиболее важных органов управления; 2 – зона для размещения часто используемых органов управления; 3 – зона для размещения редко используемых органов управления.

Рисунок 2.6 – Зоны для выполнения ручных операций и размещения органов управления в вертикальной плоскости



Условные обозначения: 1 – высота расположения средств отображения информации; 2-4 – высота рабочей поверхности при различной тяжести работы.

Рисунок 2.7 – Зависимость высоты расположения средств отображения информации и высоты рабочей поверхности от роста человека

2.16 Нормативные документы по проектированию и эксплуатации АС

2.16.1 Основные нормативные документы по проектированию и эксплуатации АС:

– Федеральный закон 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения» [121];

– Федеральный закон 162-ФЗ «О стандартизации» [42];

– Федеральный закон 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии» [122];

– Федеральный закон 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами» [123];

– Федеральный закон 317-ФЗ «О государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» [124];

– НП-001-15 «Общие положения обеспечения безопасности атомных станций» [9].

2.16.2 Нормативные документы, в которых имеются требования к системам вентиляции и кондиционирования воздуха АС:

– НП-002-15 «Правила безопасности при обращении с радиоактивными отходами атомных станций» [125];

– НП-010-16 «Правила устройства и эксплуатации локализующих систем безопасности атомных станций» [126];

– НП-021-15 «Обращение с газообразными радиоактивными отходами. Требования безопасности» [127];

– НП-031-01 «Нормы проектирования сейсмостойких атомных станций» [128];

– НП-036-23 «Правила устройства и эксплуатации систем вентиляции, важных для безопасности, атомных станций» [10];

– НП-044-18 «Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под избыточным давлением, для объектов использования атомной энергии» [129];

– НП-045-18 «Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды для объектов использования атомной энергии» [130];

– НП-068-05 «Трубопроводная арматура для атомных станций. Общие технические требования [131];

– НП-087-11 «Требования к системам аварийного электроснабжения атомных станций» [132];

– НП-089-15 «Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок» [133];

– РД 210.006-90 «Правила технологического проектирования атомных станций (с реакторами ВВЭР) (п.5.3 СППНАЭ-87)» [34];

– СП 2.6.1.28-2000 «Правила радиационной безопасности при эксплуатации атомных станций» (ПРБ АС-99) [134];

– СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности» (ОСПОРБ-99/2010) [135];

– СанПиН 2.6.1.24-03 «Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций» (СП АС-03) [3];

– ГОСТ Р МЭК 60964 «Пункты управления. Проектирование. Атомные станции» [137];

– ГОСТ Р МЭК 60965 «Резервный пункт управления атомной станции, используемый при отказе блочного пункта управления. Общие требования» [138];

– СТО 1.1.1.02.001.0673 «Правила охраны труда при эксплуатации тепломеханического оборудования и тепловых сетей атомных станций АО «Концерн Росэнергоатом» [139];

– СТО 1.1.1.01.0678 «Основные правила обеспечения эксплуатации атомных станций» [140].

2.16.3 Нормативные документы по проектированию систем вентиляции и кондиционирования воздуха:

– СП 7.13130.2013 «Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности» [49];

– СП 60.13330.2020 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» (СНиП 41-01-2003) [59];

– СП 13.13130.2009 «Атомные станции. Требования пожарной безопасности» [136].

В сводах правил [49] и [59] указано, что они не распространяются на системы вентиляции и кондиционирования воздуха, предназначенных для работ с радиоактивными веществами и источниками ионизирующих излучений, но их применение для проектирования систем вентиляции и кондиционирования воздуха АС не запрещено.

2.17 Требования НП-001-15 к системам и элементам АС

2.17.1 Общие сведения

Согласно [9], системы и элементы АС различаются по назначению, влиянию на безопасность и по характеру выполняемых ими функций безопасности.

Системы и элементы разделяются по назначению на:

– системы и элементы нормальной эксплуатации;

– системы и элементы безопасности;

– системы и элементы специальных технических средств для управления запроектными авариями.

Системы и элементы по влиянию на безопасность разделяются на:

– важные для безопасности;

– остальные, не влияющие на безопасность.

Системы и элементы безопасности по характеру выполняемых ими функций разделяются на:

– защитные;

– локализующие;

– обеспечивающие;

– управляющие.

2.17.2 Системы (элементы), важные для безопасности

К системам (элементам), важным для безопасности, относятся:

– системы (элементы) безопасности;

– системы (элементы) нормальной эксплуатации, отказ которых нарушает нормальную эксплуатацию АС или препятствует устранению нарушений нормальной эксплуатации АС, если при этом условная вероятность перехода указанного отказа в тяжелую аварию составляет 10^{-6} или более;

– системы (элементы) АС нормальной эксплуатации, отказ которых приводит к превышению установленных значений предельно допустимых выбросов или допустимых сбросов радиоактивных веществ либо допустимых уровней радиоактивного загрязнения рабочих помещений АС;

– системы (элементы), предусматриваемые в проекте АС для управления авариями в течение первых трех суток после возникновения исходного события аварии;

– системы (элементы систем) радиационного контроля.

2.17.3 Защитные системы (элементы) безопасности

Защитные системы (элементы) безопасности – системы (элементы) безопасности, предназначенные для исполнения функции по предотвращению или ограничению повреждения ядерного топлива, оболочек ТВЭЛов, оборудования и трубопроводов, содержащих радиоактивные вещества. Вентиляционное оборудование никак не может выполнять функции защитных систем (элементов) безопасности.

2.17.4 Управляющие системы (элементы) безопасности

Управляющие системы (элементы) безопасности – системы (элементы), предназначенные для инициирования действий систем безопасности, осуществления контроля и управления ими в процессе выполнения заданных функций.

Вентиляционное оборудование никак не может выполнять функции управляющих систем (элементов) безопасности.

2.17.5 Локализующие системы безопасности

Локализующие системы безопасности предназначены для удержания при аварии радиоактивных веществ и ионизирующего излучения в предусмотренных проектом АС границах.

Реактор и содержащие радиоактивные вещества системы и элементы РУ должны целиком размещаться в пределах герметичного ограждения РУ для локализации выделяющихся при проектных авариях радиоактивных веществ.

Все коммуникации, пересекающие границы герметичного ограждения, через которые при аварии возможен выход радиоактивных веществ за границы герметичного ограждения, должны быть оборудованы изолирующими элементами в соответствии с требованиями федеральных норм и правил в области использования атомной энергии.

2.17.6 Обеспечивающие системы безопасности

Обеспечивающие системы безопасности предназначены для выполнения функции снабжения систем безопасности рабочей средой, энергией и создания требуемых условий их функционирования.

К обеспечивающим системам безопасности могут относиться также системы противопожарной защиты, обеспечивающие необходимые условия функционирования систем безопасности в случае возникновения пожара либо предотвращение распространения пожара на системы безопасности.

Выполнение обеспечивающими системами безопасности функций должно иметь приоритет над действием внутренних защит элементов обеспечивающих систем безопасности, если это не приводит к более тяжелым последствиям для безопасности АС.

2.17.7 Классификация систем и элементов АС

Системам и элементам АС могут быть присвоены по влиянию на безопасность:

– класс 1 – ТВЭЛам и элементам АС, отказы которых являются исходными событиями аварий, приводящими при проектном функционировании систем безопасности к повреждению ТВЭЛов с превышением максимального проектного предела (систем и элементов вентиляции и кондиционирования воздуха 1 класса быть не может);

– класс 2 – как элементам систем безопасности, единичные отказы которых приводят в случае возникновения проектной аварии к нарушению установленных для таких аварий проектных пределов;

– класс 3 – как элементам систем, важных для безопасности, не вошедшим в класс 2;

– класс 4 – как элементам нормальной эксплуатации АС, не влияющим на безопасность, и не вошедшим в классы 2, 3.

Элементы, используемые для управления запроектными авариями, не вошедшие в классы безопасности 2 или 3, также относятся к классу безопасности 4.

Классификационное обозначение отражает принадлежность элемента к классу безопасности и дополняется символом, отражающим назначение элемента:

– Н – элементы нормальной эксплуатации;

– З – защитные элементы систем безопасности;

– Л – локализующие элементы систем безопасности;

– О – обеспечивающие элементы систем безопасности;

– У – управляющие элементы систем безопасности;

– Т – элемент специальных технических средств для управления запроектными авариями.

Если элемент имеет несколько назначений, то все они входят в его классификационное обозначение.

2.18 Требования НП-021-15

По [127], к ГРО относятся не подлежащие дальнейшему использованию газообразные среды, содержащие тритий и (или) ^{14}C, радионуклиды в виде аэрозолей и (или) инертных радиоактивных газов и (или) молекулярного йода, его органических или неорганических соединений, в количествах, превышающих предельные значения объемной активности, установленные нормативными правовыми актами.

Приводить требования [127] в настоящем пособии нет необходимости.

2.19 Требования НП-031-01

2.19.1 Общие сведения

По [128], здания, сооружения, строительные конструкции и основания, технологическое и электротехническое оборудование, трубопроводы, приборы, другие системы и элементы АС в зависимости от степени их ответственности для обеспечения безопасности при сейсмических воздействиях и работоспособности после прохождения землетрясения должны быть классифицированы на три категории сейсмостойкости с учетом их класса безопасности согласно требованиям [9].

К I категории сейсмостойкости относятся:

– элементы АС классов безопасности 1 и 2 согласно [9];

– системы безопасности;

– системы нормальной эксплуатации и их элементы, отказ которых при сейсмических воздействиях до МРЗ включительно может привести к выходу радиоактивных веществ в производственные помещения АС и окружающую среду в количествах, превышающих значения, установленные действующими нормами радиационной безопасности для проектной аварии;

– здания, сооружения и их основания, оборудование и их элементы, механическое повреждение которых при сейсмических воздействиях до МРЗ включительно путем силового или температурного воздействия на вышеупомянутые элементы и системы может привести к их отказу в работе;

– прочие системы и элементы, отнесение которых к I категории сейсмостойкости обосновано в проекте и одобрено в установленном порядке.

К II категории сейсмостойкости относятся системы АС и их элементы (не вошедшие в I категорию), нарушение работы которых в отдельности или в совокупности с другими системами и элементами может повлечь перерыв в выработке электроэнергии и тепла, а также системы и элементы класса безопасности 3, которые не отнесены к I категории сейсмостойкости.

К III категории сейсмостойкости относятся все остальные здания, сооружения и их основания, конструкции, оборудование и их элементы, не отнесенные к категориям сейсмостойкости I и II.

2.19.2 Требования НД к элементам АС различной категории сейсмостойкости

Согласно [9] и [128], АС должна обеспечивать безопасность при сейсмических воздействиях до МРЗ включительно и выработку (выдачу) электрической и тепловой энергии вплоть до уровня ПЗ включительно.

Элементы АС I категории сейсмостойкости должны:

– сохранять способность выполнять функции, связанные с обеспечением безопасности АС, во время и после прохождения землетрясения интенсивностью до МРЗ включительно;

– сохранять работоспособность при землетрясении интенсивностью до ПЗ включительно и после его прохождения.

Элементы АС II категории сейсмостойкости должны сохранять работоспособность после прохождения землетрясения интенсивностью до ПЗ включительно.

Следует различать категорию сейсмостойкости элементов АС, приведенную:

– в классификаторах систем, важных для безопасности;

– в ТУ на продукцию.

В классификаторах систем, важных для безопасности, приводятся категории сейсмостойкости элементов, назначенные проектной организацией в зависимости от выполняемых функций по обеспечению безопасности АС во время и после прохождения землетрясения.

Например, если воздухоохладителям, входящих в состав систем охлаждения гермооболочки, назначена категория сейсмостойкости II по [128], значит, они должны сохранять работоспособность при землетрясении интенсивностью до ПЗ включительно и после его прохождения.

А в ТУ на продукцию приводится категория сейсмостойкости изделий, подтвержденная расчетом или испытаниями. Например, если в ТУ на воздухоохладители, предназначенные для применения в составе систем охлаждения гермооболочки, указана категория сейсмостойкости I по [128], значит, они способны сохранять способность выполнять функции, связанные с обеспечением безопасности АС, во время и после прохождения землетрясения интенсивностью до МРЗ включительно.

Значит, указанные воздухоохладители могут использоваться на АС в качестве элементов категории сейсмостойкости I, II и III по [128] без проведения дополнительных расчетов или испытаний.

Таким образом, если, например, в техническом решении на замену воздухоохладителей категории сейсмостойкости II по [128] (согласно классификатору систем, важных для безопасности) предусмотрено применение изделий категории сейсмостойкости I по [128] (согласно ТУ), в этом нет никакого нарушения норм и правил.

2.19.3 Общие сведения о поэтажных акселерограммах и спектрах ответа

Для отметок установки оборудования I и II категорий сейсмостойкости необходимо выполнять расчет поэтажных акселерограмм и спектров ответа. Обоснование сейсмостойкости оборудования и трубопроводов при сейсмических воздействиях, заданных поэтажными акселерограммами и (или) поэтажными спектрами ответа, должно выполняться расчетными и (или) экспериментальными методами. Спектры реакции на отм. 24,600 при МРЗ и на отм. 41,400 при ПЗ в реакторном отделении блоков № 1, 2 Запорожской АЭС приведены в приложении Г.

2.19.4 Требования ГОСТ 30546.1

Выполнять расчеты или испытания стойкости изделий к воздействию землетрясений на основании поэтажных спектров реакции нет смысла ввиду большого количества отметок и площадок АС. Также нет смысла выполнять расчеты или испытания стойкости изделий к воздействию землетрясений при МРЗ и ПЗ отдельно.

Как правило, предприятия-изготовители выполняют расчеты или испытания стойкости изделий к воздействию землетрясений только при МРЗ (стойкость при воздействии ПЗ при этом заведомо обеспечивается) и при обобщенном спектре воздействия землетрясения по [141].

В [141] указано, что для изделий, устанавливаемых непосредственно на строительных конструкциях, обобщенные спектры ответа принимают по рис. 2 и таблице 1 или 2. Значения ускорений для других условных интенсивностей землетрясений и уровней установки над нулевой отметкой определяют умножением ускорений, полученных по рис. 2, на коэффициент по таблицам 1 и 2. Значение ускорений в вертикальном направлении составляет 0,7 от значения ускорения в горизонтальном направлении.

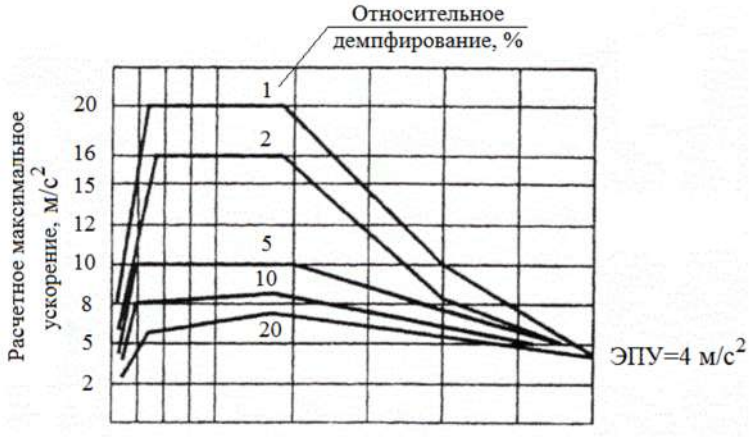


Рисунок 2.8 – Обобщенные спектры ответа для горизонтального направления 9 баллов в соответствии при нулевой отметке (Рисунок 2 [141])

Таблица 2.13 (таблица 1 [141])

Интенсивность землетрясения, баллы по MSK-64	Коэффициент для уровней установки над нулевой отметкой, м		
	От 0 до 10, ниже 0 до нижнего уровня фундамента	Св. 10 до 35	Св. 35 до 70
9	1	2	2,5
8	0,5	1	1,25
7	0,25	0,5	0,6
6	0,12	0,25	0,3
5	0,06	0,12	0,15

Таблица 2.14 (таблица 2 [141])

Интенсивность землетрясения, баллы по MSK-64	Коэффициент для уровней установки над нулевой отметкой, м				
	От 0 до 5, ниже 0 до нижнего уровня фундамента	Св. 5 до 10	Св. 10 до 25	Св. 25 до 35	Св. 35 до 70
9	1	2	3,8	5,0	6,5
8	0,5	1	1,9	2,5	3,25
7	0,25	0,5	1	1,25	1,6
6	0,12	0,25	0,5	0,6	0,8
5	0,06	0,12	0,25	0,3	0,4

В [141] указано, что, как правило, спектр воздействия землетрясения базируется на спектре ответа, соответствующем относительному демпфированию 5%.

Обратите внимание, что в [141] указано:

а) таблицу 1 применяют для всех изделий, кроме указанных в перечислении б);

б) таблицу 2 применяют для изделий, предназначенных для АС и расположенных в реакторных зданиях или зданиях размещения оборудования, относящихся к классам безопасности 1 и 2.

Это означает, что для оборудования, предназначенного для реакторного отделения, следует принимать коэффициенты, приведенные в таблице 2.

Обобщенные спектры ответа по [141], при МРЗ (на отм. 24,600) и ПЗ (на отм. 41,400) для площадки Запорожской АЭС показаны на рис. 2.9-2.11. Коэффициент демпфирования консервативно принят равным 1%.

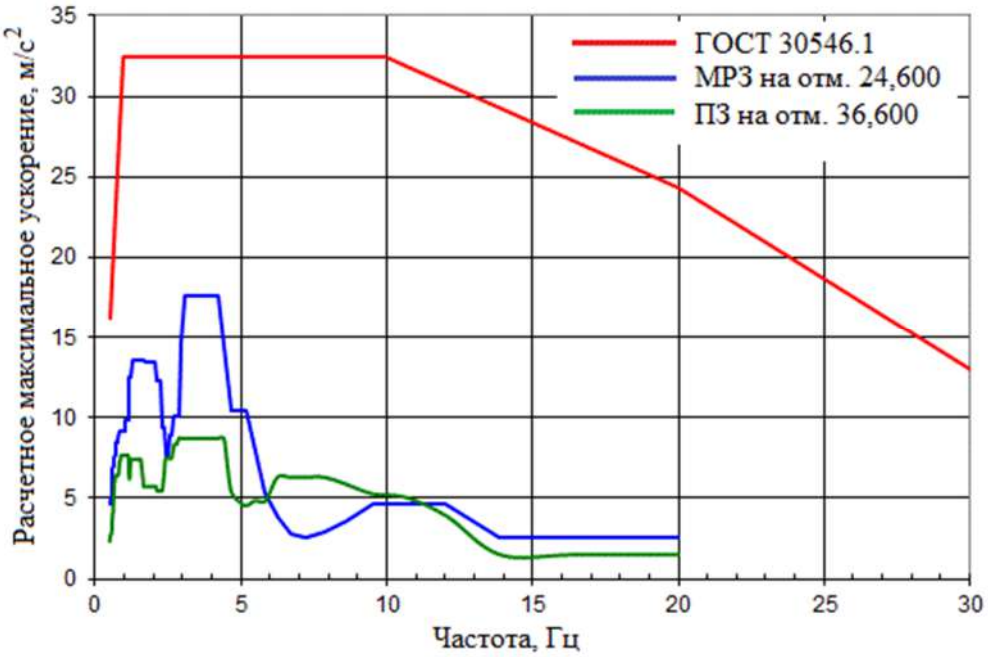


Рисунок 2.9 – Обобщенные спектры ответа (ось X) по [141],
при МРЗ и ПЗ на площадке Запорожской АЭС

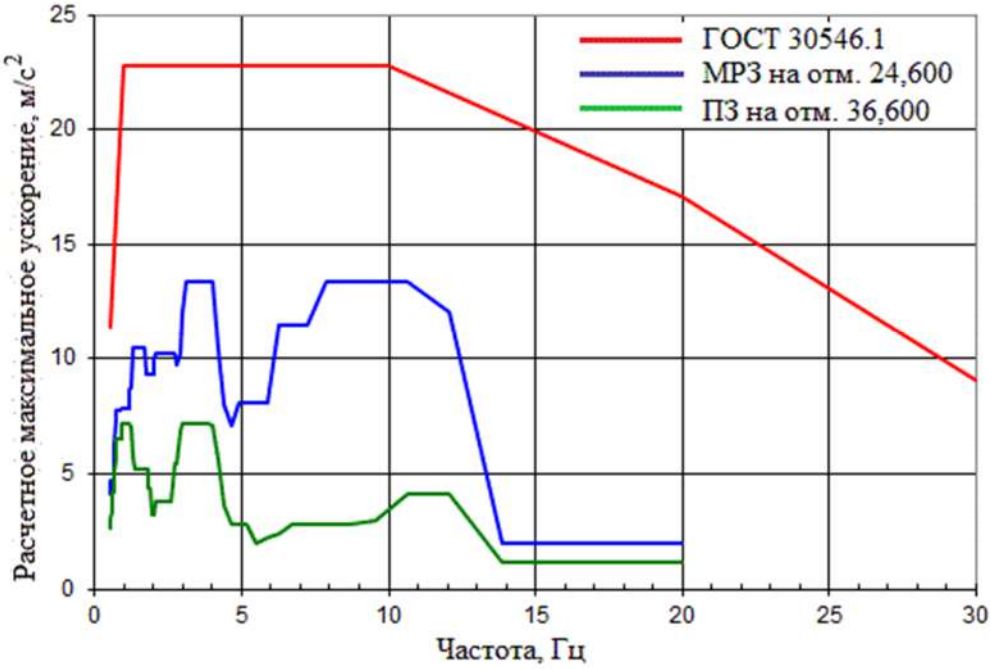


Рисунок 2.10 – Обобщенные спектры ответа (ось Y) по [141],
при МРЗ и ПЗ на площадке Запорожской АЭС

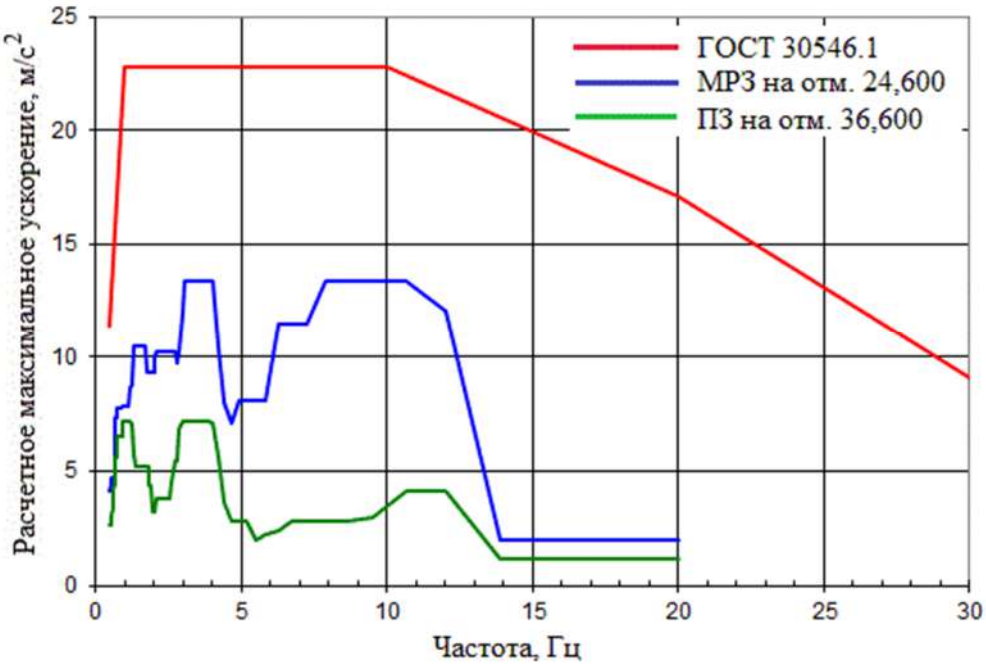


Рисунок 2.11 – Обобщенные спектры ответа (ось Z) по [141],
при МРЗ и ПЗ на площадке Запорожской АЭС

Из рис. 2.9-2.11 видно, что для выполнения расчетов или испытаний стойкости изделий, предназначенных для систем вентиляции и кондиционирования воздуха Запорожской АЭС, к воздействию землетрясений достаточно использовать обобщенные спектры ответа по [141].

Обратите внимание на то, что у сейсмостойкого оборудования должны быть крепления к строительным конструкциям или металлоконструкциям для передачи на них нагрузок от сейсмических воздействий.

Отсутствие элементов для передачи нагрузок от сейсмических воздействий на оборудование ставит под вопрос правильность назначения категории сейсмостойкости. Конечно, при испытаниях оборудования на стенде устанавливаются временные элементы для крепления его к столу, а при выполнении расчетов стойкость отсутствующих элементов к сейсмическим воздействиям не проверяется по определению.

На рис. 2.12 для примера показан фильтр-поглотитель на вибростенде.



Рисунок 2.12 – Фильтр-поглотитель на вибростенде

Обратите внимание на то, что фильтр-поглотитель закреплен на вибростенде швеллерами и тягами, не входящими в его конструкцию, т.к. в нем не предусмотрены элементы, передающие нагрузки от сейсмических воздействий на строительные конструкции или металлоконструкции.

Тем самым нарушены требования 6.4, 6.6 [128], в которых указано:

– изделия должны испытываться в собранном, закрепленном, отрегулированном и работоспособном состоянии в режиме, имитирующем рабочее состояние;

– способ крепления изделия на плите стенда должен быть аналогичен способу его крепления при эксплуатации.

Если же таких креплений нет, то нагрузки от сейсмических воздействий на оборудование могут передаваться только через воздуховоды и/или трубопроводы (см. 8.4.8, 8.4.10 настоящего пособия), расчет которых на сейсмостойкость вряд ли выполнялся.

Следует учесть, что часть оборудования систем вентиляции, например, адсорберы угольные, фильтры-поглотители, воздухоохладители собираются в колонки (пакеты), значит, крепления их для передачи нагрузок от сейсмических воздействий на строительные конструкции (металлоконструкции) должны быть рассчитаны на суммарную массу колонки (пакета).

2.20 Требования НП-002-15

В [125] указано, что системы обращения с ГРО должны обеспечивать очистку газоаэрозольных сред от радиоактивных аэрозолей, радиоактивного йода и его соединений при нормальной эксплуатации и нарушениях нормальной эксплуатации АС до проектных аварий включительно.

В проекте должны быть учтены все возможные источники постоянного и периодического поступления ГРО в системы технологических сдувок и в воздух вентилируемых помещений.

2.21 Требования СП 2.6.1.28-2000 (ПРБ АС-99)

В [134] указано, что для обеспечения требований радиационной безопасности при хранении облученного топлива в бассейне под водой, а также во всех случаях при перемещении его под водой должна быть обеспечена непрерывная работа соответствующих систем вытяжной вентиляции.

При загрязнении радионуклидами атмосферы в зоне воздухозаборных устройств приточных систем в случае аварии необходимо выключить приточно-вытяжные общестанционные и местные системы вентиляции, не связанные с обеспечением условий работы технологического оборудования и ликвидацией последствий аварии.

Режимы работы систем вентиляции АС должны обеспечивать приток воздуха из ЗСД в помещения ЗКД, а в ЗКД в сторону более «грязных» помещений.

Для предотвращения обратных потоков воздуха должна быть обеспечена надежная работа КИД и необходимые разрежения в более «грязных» помещениях по отношению к помещениям постоянного пребывания персонала (III категории):

– в необслуживаемых помещениях, не рассчитанных на давление – не менее 50 Па (5 кгс/м^2);

– при отсутствии металлической облицовки в необслуживаемых помещениях, рассчитанных на давление – не менее 100 Па (10 кгс/м^2);

– при металлической облицовке ограждающих конструкций герметичных оболочек и необслуживаемых помещений, рассчитанных на давление – не менее 200 Па (20 кгс/м^2).

При проведении ремонтов оборудования режимы работы систем вентиляции должны обеспечивать в открываемых проемах периодически обслуживаемых помещений и необслуживаемых помещений, не рассчитанных на давление, скорость удаляемого воздуха не менее 0,3 м/с.

Анализ требований к ПФВУ приведен в 13.8 настоящего пособия.

Анализ требований к системам воздухоснабжения шланговых СИЗ приведен в 13.9 настоящего пособия.

2.22 Требования СП 2.6.1.2612-10 (ОСПОРБ-99/2010)

В [135] указано, что при работе с открытыми источниками излучения вентиляционные и воздухоочистные устройства должны обеспечивать защиту от радиоактивного загрязнения воздуха рабочих помещений и атмосферного воздуха. Рабочие помещения, вытяжные шкафы, боксы, каньоны и другое технологическое оборудование должны быть так устроены, чтобы поток воздуха был направлен из менее загрязненных пространств к более загрязненным.

При использовании системы рециркуляции воздуха должна обеспечиваться очистка от радиоактивных и токсических веществ помещений, предназначенных для работ I и II классов.

В герметичных камерах и боксах при закрытых проемах должно обеспечиваться разрежение не менее 20 мм водяного столба. Камеры и боксы должны оборудоваться приборами контроля степени разрежения. Скорость движения воздуха в рабочих проемах вытяжных шкафов и укрытий должна приниматься равной 1,5 м/с.

Допускается кратковременное снижение разрежения до 10 мм водяного столба и снижение скорости воздуха в открываемых проемах до 0,5 м/с.

Основными требованиями при выборе и устройстве систем и установок пылегазоочистки при работах с радиоактивными веществами I и II классов являются:

– минимальное число единиц пылегазоочистного оборудования;

– механизация и автоматизация процессов обслуживания, ремонта и замены пылегазоочистного оборудования, а в необходимых случаях – дистанционное производство этих работ;

– наличие систем контроля и сигнализации за эффективностью работы очистных аппаратов и фильтров; в случае многоступенчатой системы пылегазоочистки должны осуществляться автоматизированный контроль и сигнализация, как за работой всей системы, так и отдельных ее частей (ступеней);

– надежная изоляция пылегазоочистного оборудования как источника излучения, обеспечение безопасности персонала при осмотре и обслуживании.

В помещениях для работ I класса и отдельных работ II класса необходимо предусматривать подачу воздуха к шланговым изолирующим индивидуальным средствам защиты персонала (пневмокостюмам, пневмошлемам, шланговым противогазам). В этих помещениях должна быть обеспечена возможность подключения передвижных вытяжных установок к системам вытяжной вентиляции.

Для подачи воздуха к шланговым средствам защиты следует устанавливать отдельную пневмолинию или отдельные вентиляторы, обеспечивающие необходимое давление и расход воздуха. Места присоединения шлангов должны быть снабжены шаровыми или пружинными автоматическими клапанами.

2.23 Требования СанПиН 2.6.1.24-03 (СП АС-03)

Согласно [3], здания и сооружения АС должны быть разделены на две зоны:

– ЗКД – производственные помещения, где осуществляется обращение с источниками излучения и возможно воздействие радиационных факторов на персонал группы А. Доступ в помещения ЗКД должен осуществляться через санпропускник;

– ЗСД – вспомогательные и административные помещения, где при нормальной эксплуатации АС не осуществляется обращение с источниками излучения и, как правило, практически исключается воздействие на персонал радиационных факторов.

В зависимости от степени возможного радиационного воздействия на персонал все помещения ЗКД должны разделяться на три категории:

– I категория – необслуживаемые помещения, где размещается технологическое оборудование и коммуникации, условия эксплуатации которых и радиационная обстановка при работе АС на мощности не допускают пребывания в них персонала;

– II категория – периодически обслуживаемые помещения, в которых условия эксплуатации и радиационная обстановка при работе АС на мощности допускают ограниченное во времени пребывание в них персонала;

– III категория – помещения постоянного пребывания персонала, где радиационная обстановка допускает возможность постоянного пребывания персонала в течение всего рабочего времени.

В проектах АС должно быть четко определено, к какой категории помещений зоны контролируемого доступа относится конкретное помещение.

На действующих АС все помещения ЗКД должны иметь на двери обозначение категории.

На АС должен соблюдаться принцип раздельной вентиляции помещений ЗКД и ЗСД. В ЗКД не допускается объединение воздуховодами вентиляционных систем помещений, различных по категории обслуживания (необслуживаемые, периодически обслуживаемые, постоянного пребывания персонала).

Разрешается объединение воздуховодов вытяжных систем помещений постоянного пребывания персонала (кроме операторских и щитовых) с периодически обслуживаемыми помещениями при обосновании отсутствия в последних источников загрязнения радиоактивными веществами.

Организация вентиляции помещений АС должна исключать непосредственное поступление воздуха из помещений ЗКД в помещения ЗСД.

В помещениях зданий и сооружений ЗКД за счет работы вентиляционных систем независимо от режима работы АС должна обеспечиваться направленность движения воздуха только в сторону более «грязных» помещений. Для предотвращения обратных токов воздуха следует устанавливать клапаны избыточного давления.

Для помещений постоянного пребывания персонала ЗКД (щиты и пункты управления, операторские и т.п.), в которых требуется поддержание стабильных метеорологических условий, следует предусматривать системы кондиционирования воздуха, создающие в них избыточное давление воздуха.

Вентилирование щитов и пунктов управления должно осуществляться от самостоятельных систем кондиционирования.

На случай аварийного загрязнения атмосферного воздуха следует предусмотреть возможность работы системы кондиционирования в замкнутом режиме с подключением системы жизнеобеспечения персонала.

Для блочных и резервных щитов управления необходимо предусматривать самостоятельные приточные системы с очисткой на аэрозольных и йодных фильтрах на случай радиоактивного загрязнения наружного воздуха и автономные источники воздухоснабжения при учете возможности появления токсических веществ в наружном воздухе.

На АС должны предусматриваться средства очистки воздуха, удаляемого системами вытяжной вентиляции, от радиоактивных аэрозолей и соединений йода. Удаление воздуха без очистки требует обоснования радиационной безопасности.

На фильтровальных станциях АС следует предусматривать устройства по определению эффективности очистки воздуха, удаляемого вытяжными системами. Эффективность очистки удаляемого воздуха от радиоактивных аэрозолей и соединений йода должна быть не менее 90%.

Анализ требований к ПФВУ приведен в 13.8 настоящего пособия.

Анализ требований к системам воздухоснабжения шланговых СИЗ приведен в 13.9 настоящего пособия.

2.24 Требования НП-010-16

По [126], все пересекающие ГО или присоединяемые к нему трубопроводы должны быть оснащены изолирующими устройствами, устанавливаемыми, насколько это технически возможно, ближе к месту пересечения ГО.

Конструкции изолирующих устройств, люков, дверей, шлюзов, предохранительных и перепускных устройств ЛСБ должны обеспечивать возможность проведения индивидуальных испытаний на срабатывание и герметичность, а также осмотра и ремонта при остановленном реакторе.

Количество изолирующих устройств и места их установки должны выбираться так, чтобы при любом исходном событии проектной аварии и независимом от исходного события отказе одного из элементов систем безопасности, учитываемом в проекте АС, обеспечивалась изоляция всех пересекающих ГО трубопроводов, для которых это предусмотрено проектом АС.

При возникновении требования на закрытие изолирующих устройств должно обеспечиваться их закрытие за такое время, чтобы выход радиоактивных веществ в окружающую среду не приводил к превышению проектных пределов и критериев безопасности.

В проекте АС для каждого из активных изолирующих устройств на границе зоны локализации аварии должны быть указаны условия, при которых должен формироваться сигнал на закрытие этого изолирующего устройства.

Для каждого изолирующего устройства в проекте АС необходимо обосновать величину проектного значения утечки через него за границу зоны локализации аварии при закрытом положении изолирующего устройства.

Аварийные установки газоаэрозольной очистки, если они предусмотрены проектом АС, должны обеспечивать выполнение следующих функций:

– снижение давления среды в зоне локализации аварии;

– снижение концентрации радиоактивных веществ в атмосфере помещений зоны локализации аварии и в выбросе радиоактивных веществ в окружающую среду.

Фильтровальные элементы аварийной установки газоаэрозольной очистки должны быть доступны для замены при нормальной эксплуатации и в послеаварийный период.

Выполнение функций аварийной газоаэрозольной очистки вентиляционно-охладительными системами либо системами водородной взрывозащиты допускается при условии обоснования допустимости совмещения функций указанными системами.

2.25 Требования НП-036-23

Нормы и правила [10] введены в действие с 25.02.2024 и устанавливают основные требования:

– к системам вентиляции нормальной эксплуатации, важным для безопасности;

– к системам вентиляции, являющимся обеспечивающими или локализующими системами безопасности.

Приводить полностью требования правил [10] в настоящем пособии нет необходимости, но выборочный анализ их требований и сравнение с требованиями других нормативных документов сделать можно.

Из правил [10] исключены требования предшествующих правил [142], создающие трудности персоналу предприятий-изготовителей и АС:

– конструкция аэрозольных и йодных фильтров должна обеспечивать сохранность фильтрующей поверхности при увеличении сопротивления ее воздушному потоку в 10 раз за счет накопления уловленных частиц в течение срока службы фильтра (3.5.11);

– аэрозольные и йодные фильтры, предназначенные для очистки вентиляционного воздуха от радиоактивных аэрозолей и йода, должны быть зарегистрированы и взяты на учет на предприятии-владельце оборудования. Учетом должно заниматься лицо, ответственное за эксплуатацию систем вентиляции, назначенное администрацией АС (4.11).

В пункте 3 [10] указано, что они обязательны для исполнения эксплуатирующими организациями, а также организациями, выполняющими работы и предоставляющими услуги для эксплуатирующих организаций в области использования атомной энергии.

Без указания, на какие организации распространяются требования отдельных разделов [10], может получиться, что инспекторы Ростехнадзора могут потребовать от АС, например, выполнения требований пунктов 26, 27, 29 и т.д., которые находятся не в компетенции ни АС, ни АО «Концерн Росэнергоатом».

Возможное разделение требований разделов [10] к различным организациям приведено в таблице 2.15.

Таблица 2.15

Раздел	На какие организации распространяются требования	Примечание
I. Назначение и область применения	На проектные организации, предприятия-изготовители оборудования, монтажные и эксплуатирующие организации	Общие требования
II. Общие требования	На проектные организации	Все требования находятся в компетенции исключительно проектных организаций
III. Требования к системам приточной вентиляции		
IV. Требования к системам вытяжной вентиляции		
V. Требования к рециркуляционным системам вентиляции		
VI. Требования к аэрозольным и йодным фильтрам	На проектные организации и предприятия-изготовители оборудования	Выполнение требований п. 40 и п. 41 не в компетенции проектных организаций и предприятий-изготовителей оборудования
VIII. Требования к монтажу и эксплуатации систем вентиляции и их элементов	На монтажные и эксплуатирующие организации	Проектные организации и предприятия-изготовители оборудования не занимаются монтажом и эксплуатацией систем вентиляции

В правилах [10] нет требований к системам вентиляции с целью предотвращения неудачных проектных решений, описанных в настоящем пособии и приведенных в таблице 2.16.

Таблица 2.16

Отсутствующие требования	Пункты настоящего пособия
О запрещении установки фильтров аэрозольных на вытяжных шкафах в помещениях с постоянным пребыванием персонала	4.5.3
Об установке фильтров аэрозольных непосредственно в помещениях маслосистем	4.5.4
О заборе наружного воздуха аварийными приточными системами БПУ и РПУ в двух местах	4.8.4, 4.8.5

В 3.9.11 [135] указано, что фильтры и аппараты следует устанавливать, по возможности, непосредственно у боксов, камер, шкафов, укрытий с тем, чтобы максимально снизить загрязнение систем магистральных воздуховодов.

В правилах [10] нет требований:

– об установке контрольных фильтров на байпасных линиях адсорберов угольных (групп адсорберов угольных), как указано в 5.1.7, 6), 7) [143];

– либо о применении адсорберов угольных с возможностью отбора проб адсорбента из них, как указано в 15.4 настоящего пособия.

Нет также требований о периодичности отправки контрольных фильтров (проб адсорбента) в специализированные организации для измерения эффективности по йоду (метилйодиду) и выдачи заключения о возможности дальнейшей эксплуатации адсорберов угольных (групп адсорберов угольных).

Результаты анализа требований правил [10] приведены в таблице 2.17.

Таблица 2.17

Раздел и пункт Правил	Содержание пункта Правил	Результаты анализа требований данного пункта и сравнения с требованиями других НД
Раздел I п. 4	Порядок приведения АС в соответствие с Правилами, в том числе сроки и объем необходимых мероприятий, определяется в каждом конкретном случае в условиях действия лицензии на сооружение, эксплуатацию или вывод из эксплуатации АС	Единственный нормативный документ, который не требует немедленного приведения АС к своим требованиям, не считаясь с техническими и финансовыми возможностями эксплуатирующей организации
Раздел II п. 8	Посредством систем вентиляции АС должны обеспечиваться: – раздельная вентиляция помещений, где проводятся работы с источниками ионизирующих излучений и возможно воздействие радиационных факторов на персонал (ЗКД), и помещений, где при нормальной эксплуатации АС работы с источниками излучения не проводятся и исключается воздействие на персонал радиационных факторов (зона свободного доступа); – очистка технологических радиоактивных сдувок от радиоактивных примесей в очистном оборудовании по обращению с газообразными радиоактивными средами до места подсоединения воздуховодов технологических радиоактивных сдувок к сборному коробу вентиляционной трубы	Дублирование требований 10.2 [3] Более точная формулировка: очистка среды, выходящей из цеолитовых фильтров системы спецгазоочистки при их регенерации перед сбросом в вентиляционную трубу
Раздел II п. 9	Для ремонта, технического обслуживания и временного хранения элементов систем вентиляции в проекте АС должны быть предусмотрены отдельные помещения или вентилируемые участки	Единственный нормативный документ, который требует выделения помещений для мастерских по ремонту систем вентиляции. На Запорожской АЭС все без исключения мастерские были устроены за счет площадей вентиляционных центров, венткамер, помещений щитов управления, резервных помещений
Раздел II п. 17	Для обеспечения поддержания расхода воздуха в приточных и вытяжных системах вентиляции не ниже величины, обоснованной в проекте АС, данные системы должны быть оснащены техническими средствами, компенсирующими возможное уменьшение расхода воздуха, обусловленное увеличением аэродинамического сопротивления фильтров при их эксплуатации	Требование необходимое и технически выполнимое. Единственная проблема – найти прямые участки воздуховодов длиной не менее 8D для установки СИ для измерения скорости движения воздуха в воздуховодах. На АС с РУ В-320 таких прямых участков нет
Раздел II п. 20	В системах вентиляции, обеспечивающих удаление водорода и других горючих газов, должно быть исключено образование взрывоопасных газовых смесей	Дублирование требований 7.1.22, 7.2.11 [59]

Продолжение таблицы 2.17

Раздел и пункт Правил	Содержание пункта Правил	Результаты анализа требований данного пункта и сравнения с требованиями других НД
Раздел III п. 26	Системы приточной вентиляции должны быть оборудованы аэрозольными фильтрами, обеспечивающими очистку приточного воздуха от атмосферной пыли до уровней, установленных в проекте АС. Эффективность очистки вентиляционного воздуха от атмосферной пыли фильтрами должна быть не ниже 80%	Аналогичные требования приведены в 10.7 [3], только в [10] установка аэрозольных фильтров является обязательной (в 10.7 [3] рекомендуется). В действующих НД РФ отсутствуют требования к методике измерения эффективности фильтров общего назначения по атмосферной пыли (см. 2.11.1 настоящего пособия)
Раздел III п. 27	Для БПУ, РПУ и ЗПУПД должны быть предусмотрены приточные системы вентиляции с очисткой воздуха на аэрозольных и йодных фильтрах на случай радиоактивного загрязнения наружного воздуха и меры по предотвращению попадания загрязняющих веществ в помещения. Эффективность очистки приточного воздуха от радиоактивных аэрозолей и соединений йода должна быть обоснована в проекте АС	Системы жизнеобеспечения ЗПУПД будут рассмотрены в отдельном пособии
Раздел IV п. 33	В помещениях, где располагается очистное оборудование систем вытяжной вентиляции, должно быть обеспечено разрежение не менее 50 Па	Нет требований о создании избыточного давления воздуха в помещениях аварийных приточных систем вентиляции БПУ и РПУ (см. 4.8.4 и рис. 4.49 настоящего пособия)
Раздел IV п. 34	Эффективность очистки вентиляционного воздуха аэрозольными фильтрами систем вытяжной вентиляции должна быть не менее 99,95% для наиболее проникающих частиц	Аэрозольные фильтры установлены также на аварийных приточных системах вентиляции БПУ и РПУ, которым присвоен класс безопасности 3, указанные требования должны распространяться и на них
Раздел IV п. 35	Эффективность очистки вентиляционного воздуха йодными фильтрами систем вытяжной вентиляции должна быть не менее 99,9% по молекулярной форме йода и не менее 99% по органическим формам йода	Йодные фильтры установлены также на аварийных приточных системах вентиляции БПУ и РПУ, которым присвоен класс безопасности 3, указанные требования должны распространяться и на них
Раздел VI п. 38	В системах вентиляции не допускается применение аэрозольных фильтров, не классифицированных в соответствии с 6.5 ГОСТ Р ЕН 1822-1-2010 или разделом 6 ГОСТ Р ЕН 779-2014	ГОСТ Р ЕН 1822-1-2010 в настоящее время отменен (см. 2.11.3 настоящего пособия). ГОСТ Р ЕН 779-2014 может быть отменен в любое время (см. 1.4.2 настоящего пособия)

Продолжение таблицы 2.17

Раздел и пункт Правил	Содержание пункта Правил	Результаты анализа требований данного пункта и сравнения с требованиями других НД
Раздел VI п. 40	Срок эксплуатации (службы) фильтров и (или) их составных частей, осуществляющих очистку вентиляционного воздуха от примесей, должен определяться на основе: − аэродинамического сопротивления фильтра воздушному потоку; − мощности дозы гамма-излучения от накопленных радиоактивных веществ; − эффективности очистки вентиляционного воздуха	Раздел VI подлежит выполнению проектными организациями и предприятиями-изготовителями, для них оно невыполнимо, т.к. нельзя заранее предсказать параметры среды, подаваемой на фильтры. Данное требование АС выполняется без особых указаний, фильтры заменяются (регенерируются) при превышении перепада давления воздуха на них, мощности дозы гамма-излучения от накопленных радиоактивных веществ или явном снижении эффективности. Логично было бы совместить пункты 40 и 41 с переносом в раздел VIII
Раздел VI п. 41	Критерии замены фильтров и (или) их составных частей, осуществляющих очистку вентиляционного воздуха от примесей, должны быть обоснованы в проекте АС	Критерии замены фильтров уже приведены в пункте 40, а их численные значения должны быть указаны в ТУ и инструкциях по радиационной безопасности
Раздел VI п. 43	Материалы, используемые для изготовления фильтров, должны относиться к группе «трудногорючие (трудносгораемые)» или «негорючие (несгораемые)» в соответствии с 2.1.2 ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84)	С 01.01.2019 действует ГОСТ 12.1.044-2018 [51]
Раздел VIII п. 51	Фильтры и сорбенты должны иметь паспорт изготовителя с указанием полученных при испытаниях параметров	Адсорбенты засыпаются в фильтры йодные на предприятии-изготовителе и на АС не поступают. Логично было бы в разделе VI указать требования о включении в паспорта йодных фильтров сведений о проведенных испытаниях адсорбентов
Раздел VIII п. 52	При монтаже элементов систем вентиляции должна быть обеспечена герметичность всех технологических соединений в соответствии с проектом АС	Термин «герметичность» неконкретен. Не указан минимальный класс герметичности воздуховодов согласно [59], не приведены требования к корпусам аэрозольных фильтров и плотности их посадки, как в [143] (см. 2.38 настоящего пособия)

Продолжение таблицы 2.17

Раздел и пункт Правил	Содержание пункта Правил	Результаты анализа требований данного пункта и сравнения с требованиями других НД
Раздел VIII п. 55	В процессе проведения приемочных и периодических испытаний систем вентиляции, оборудованных фильтрами, предназначенными для очистки вентиляционного воздуха от радиоактивных аэрозолей и (или) соединений йода, с целью недопущения превышения установленных в проекте АС эксплуатационных пределов должны определяться: – аэродинамическое сопротивление аэрозольных и йодных фильтров при проектном расходе вентиляционного воздуха; – эффективность очистки воздуха аэрозольными фильтрами – от наиболее проникающих частиц и йодными фильтрами – от йода в органической форме	Необходимы апробированные методики и технические средства для выполнения данного требования
Раздел VIII п. 59	Для установленного в системах вентиляции очистного оборудования, которое при нормальной эксплуатации находится в режиме ожидания, должны быть предусмотрены меры, исключающие снижение эффективности очистки вентиляционного воздуха ниже пределов, установленных в проекте АС (до вывода очистного оборудования из резерва)	Требование избыточно, как правило, в рабочей документации предусмотрено отключение резервного очистного оборудования клапанами герметичными вентиляционными, при этом снижение эффективности очистки вентиляционного воздуха исключено
Раздел VIII п. 65	Во время эксплуатации очистного оборудования систем вентиляции должны контролироваться следующие параметры: – аэродинамическое сопротивление фильтров; – эффективность очистки аэрозольными и йодными фильтрами, предназначенными для очистки вентиляционного воздуха от радиоактивных аэрозолей и соединений йода по наиболее проникающим частицам и по органической форме йода соответственно;	В НД принят термин «перепад давления воздуха» Необходимы апробированные методики и технические средства для выполнения данного требования
	– температура воздуха в каждой системе; – расход воздуха через каждую систему;	Измерение температуры воздуха может проводиться согласно [144] периодически при проверках систем вентиляции на соответствие проектным характеристикам Измерение расхода воздуха может проводиться согласно [144] периодически при проверках систем вентиляции на соответствие проектным характеристикам

Окончание таблицы 2.17

Раздел и пункт Правил	Содержание пункта Правил	Результаты анализа требований данного пункта и сравнения с требованиями других НД
	− концентрация радиоактивных веществ до и после фильтров;	Концентрацию радиоактивных веществ в воздухе измерить технически невозможно (см. таблицы 1.1 и 1.2 настоящего пособия), а вот объемную активность воздуха по аэрозолям и йоду можно измерить
	− влажность воздуха, поступающего на фильтры	Требование не актуально, см. 2.35 настоящего пособия
Раздел VIII п. 66	Объем и периодичность контроля параметров систем вентиляции, указанных в пункте 65 Правил, места расположения элементов систем вентиляции, предназначенных для их контроля, а также показатели точности контроля эффективности очистки должны соответствовать проекту АС и (или) эксплуатационной документации	Периодичность измерения эффективности очистки воздуха аэрозольными и йодными фильтрами должна быть указана в Правилах, уровня проекта АС и (или) эксплуатационной документации недостаточно. Тем более, что в эксплуатационной документации не может быть требований, противоречащих проекту

2.26 Требования НП-044-18

Правила [129] распространяются на:

– сосуды для транспортировки и хранения сжатых и сжиженных газов, избыточное давление паров которых более 0,07 МПа при температуре менее 50 °С;

– баллоны, предназначенные для транспортировки и хранения сжатых, сжиженных и растворенных газов под избыточным давлением более 0,07 МПа.

Правила [129] не распространяются на сосуды и баллоны вместимостью не более 0,025 $м^3$, у которых произведение значений давления (МПа) на вместимость ($м^3$) не превышает 0,02.

Таким образом, при закреплении за цехом (службой) вентиляции, например, кислородных баллонов, ответственные за содержание должностные лица должны знать и выполнять требования [129].

2.27 Требования НП-045-18

Правила [130] устанавливают требования к проектированию, изготовлению, реконструкции (модернизации), монтажу, наладке, ремонту, техническому диагностированию и эксплуатации специально сконструированных для применения в области использования атомной энергии трубопроводов пара и горячей воды, отнесенных к элементам 4 класса безопасности.

Правила распространяются на трубопроводы, а также на арматуру и коллекторы, которые являются частью трубопроводов, транспортирующих водяной пар с рабочим [избыточным] давлением более 0,07 МПа или горячую воду с температурой свыше 115 °С, за исключением:

– трубопроводов II, III и IV категорий наружным диаметром менее 76 мм;

– трубопроводов, встроенных внутрь оборудования.

Под действие требований к трубопроводам IV категории по НП-045-18 (рабочая температура от 115 °С до 250 °С, рабочее давление до 1,6 МПа) подпадают только трубопроводы сетевой воды наружным диаметром более 76 мм.

Соединение деталей и элементов трубопроводов должно проводиться сваркой. Применение фланцевых соединений может быть допущено только для присоединения трубопроводов к арматуре и деталям оборудования, имеющим фланцы.

Резьбовые соединения допускаются для присоединения чугунной арматуры на трубопроводах с условным проходом не более 100 мм.

2.28 Требования НП-068-05

Правила [131] устанавливают требования к устройству, изготовлению, монтажу и эксплуатации трубопроводной арматуры АС с номинальными диаметрами от 10 мм до 2000 мм, находящейся в контакте со средами при температуре до 550 °С и давлении до 25 МПа.

Из перечня сред, указанных в приложении 1 [131], имеет отношение к вентиляции и кондиционированию воздуха только техническая вода, при этом арматура должна относиться к группе С по [133].

Для специалистов в области вентиляции и кондиционирования воздуха представляют ценность материалы, которые можно использовать для разработки ТЗ на оборудование, не подпадающее под действие правил [131]:

– состав и содержание ТЗ на арматуру (приложение 2);

– состав дезактивирующих растворов (приложение 7).

Кроме этого, используя консервативный подход, можно применять значения нагрузок на арматуру от трубопроводов, указанные в приложении 8 [131], в качестве исходных данных для расчета на прочность воздухоохладителей и автономных кондиционеров, подключенных к системе технического водоснабжения группы «А».

2.29 Требования НП-087-11

По [132], потребители САЭ, предназначенные для обеспечения выполнения САЭ функций безопасности (например, вентиляция, охлаждение), должны получать электроснабжение от того же канала САЭ, работоспособность которого они обеспечивают.

Двери и люки в кабельных сооружениях САЭ, а также противопожарные клапаны, устанавливаемые в вентиляционных системах, должны иметь предел огнестойкости не ниже предела огнестойкости строительных конструкций этих сооружений.

В помещениях АБ САЭ, классифицированных как взрывопожароопасные, должна быть предусмотрена вентиляция для поддержания безопасных значений концентрации газов, образующих взрывоопасную смесь. Активные элементы системы вентиляции помещений АБ САЭ должны обеспечиваться электроснабжением от САЭ.

2.30 Требования НП-089-15

Правила [133] устанавливают требования к устройству, изготовлению, монтажу и эксплуатации работающих под избыточным, гидростатическим или вакуумметрическим давлением оборудования и трубопроводов АЭУ, отнесенных к группам А, В и С.

Оборудования систем вентиляции и кондиционирования воздуха группы А не может быть по определению.

Требования Правил не распространяются на части оборудования, не представляющие собой самостоятельные сосуды (например, конденсаторы и теплообменники, конструктивно встроенные в оборудование).

Группа В включает оборудование и трубопроводы, отнесенные к элементам 2 класса безопасности. Кроме того, группа В включает оборудование и трубопроводы, отнесенные к элементам 3 класса безопасности, отказ в работе или разрушение которых приводит к невыполнению какой-либо системой безопасности своих функций.

Группа С включает не вошедшие в группу В оборудование и трубопроводы, отнесенные к элементам 3 класса безопасности, отказ в работе или разрушение которых:

– требует введения в действие систем безопасности;

– приводит к выходу из строя одного из каналов какой-либо системы безопасности;

– приводит к превышению установленных значений предельно допустимых выбросов или допустимых сбросов радиоактивных веществ, либо допустимых уровней радиоактивного загрязнения рабочих помещений АЭУ.

Для конкретного оборудования и трубопроводов принадлежность к группе устанавливается разработчиками проектов РУ и АЭУ.

2.31 Требования ГОСТ Р МЭК 60964

Цель стандарта [137] состоит в изложении требований к функциональному проектированию, использование которых при проектировании БПУ АС необходимо для удовлетворения требований безопасности и эксплуатации.

В помещении БПУ должно быть предусмотрено кондиционирование воздуха. В системе кондиционирования воздуха должны быть предусмотрены средства, обеспечивающие жизнедеятельность БПУ при аварийных ситуациях на АС, например фильтры или средства автономной жизнедеятельности.

Персонал БПУ должен быть защищен от прямого воздействия радиации при любых аварийных ситуациях. Воздуховоды приточной вентиляции должны быть оборудованы системой контроля радиоактивности. В вентиляционной системе БПУ должна быть предусмотрена возможность ее изоляции от внешней среды, если этого потребуют сложившиеся обстоятельства. Для персонала БПУ должны быть предусмотрены дыхательные аппараты.

Оборудование БПУ, выполняющее функции безопасности, система кондиционирования воздуха и система аварийного освещения должны быть спроектированы по одному и тому же классу сейсмической устойчивости.

2.32 Требования ГОСТ Р МЭК 60965

Целью стандарта [138] является определение функциональных требований, которые используются при проектировании РПУ АС, и соблюдение требований безопасности.

Применение РПУ обязательно при потере способности БПУ выполнять функции безопасности. Возможные причины указанной потери включают пожар в помещении пункта управления, появление избыточного дыма или опасной атмосферы в БПУ, крупное повреждение БПУ или его кабелей (такое, что функции безопасности не могут быть выполнены), отказ оборудования пункта управления.

Для долгосрочного использования РПУ должны быть предусмотрены средства жизненного обеспечения РПУ (например, вентиляция).

Системы вентиляции должны быть спроектированы с учетом требований к функциональному разделению и независимости БПУ и РПУ.

В проекте РПУ должна быть проведена оценка его противопожарной защиты. Для других проектных и запроектных исходных событий и условий, при которых может быть использован РПУ, должны быть сделаны оценки для всех обеспечивающих систем (особенно систем отопления, вентиляции и кондиционирования).

2.33 Требования СТО 1.1.1.02.001.0673

В стандарте [139] приведены меры безопасности при работах в химических лабораториях.

В химических лабораториях должна обеспечиваться скорость движения воздуха в сечении открытых от 15 см до 20 см створок шкафа в пределах от 0,5 м/с до 0,7 м/с. При работе с вредными веществами скорость воздуха должна быть от 1,0 м/с до 1,2 м/с. Створки (дверцы) вытяжных шкафов должны быть оборудованы фиксаторами, исключающими их падение в приподнятом положении.

Запрещается выполнение работ с химическими веществами при неисправных или отключенных системах вентиляции. При выполнении работ с химическими веществами в вытяжном шкафу его створки следует открывать на минимальную, удобную для работы высоту.

Запрещается выполнять работы в вытяжном шкафу, если у него разбиты или сняты створки, закрывающие рабочую зону (полость) вытяжного шкафа. После выполнения работ створки вытяжных шкафов следует держать закрытыми.

2.34 Требования ТМТ 1.1.3.04.1468-2018

Типовая методика [145] устанавливает требования к испытаниям и проверкам систем (элементов) вентиляции атомных станций после монтажа, модернизации, в процессе эксплуатации и после аварии.

В данной методике приведен объем испытаний и методы определения характеристик оборудования (вентиляционных агрегатов, воздухоохладителей, воздухонагревателей, арматуры и центральных кондиционеров) при следующих видах испытаний:

- приемочных;
- приемо-сдаточных;
- квалификационных;
- типовых;
- периодических;
- эксплуатационных.

Следует отметить, что объем всех указанных испытаний, кроме эксплуатационных испытаний, стандартом [146] отнесен к компетенции предприятий-изготовителей, поэтому информация о них в данной методике лишняя.

Кроме этого, в данной методике приведено 50 ссылок на ТУ (ТЗ) и 65 ссылок на КД, которые получить АС практически невозможно.

В данной методике не учтены принципиальные различия между испытаниями оборудования на стендах предприятий-изготовителей и на АС в составе систем вентиляции и кондиционирования воздуха, а именно:

– на стендах предприятий-изготовителей возможно создание стандартных параметров воздуха и теплоносителя (холодоносителя), провести их измерения;

– на АС стандартные параметры воздуха и теплоносителя (холодоносителя) получить практически невозможно, СИ для измерения параметров воздуха и теплоносителя (холодоносителя) установлены в минимальном количестве.

Отдельно рассмотрим требование таблицы Б.1 [145] об измерении полного давления вентиляторов и приведения его к каталожным данным согласно [71].

Следует отметить, что в разделе 7 [71] приведены только общие требования к построению аэродинамических характеристик вентиляторов радиальных и осевых. Указанные аэродинамические характеристики приведены в каталогах предприятий-изготовителей данной продукции.

В 6.1.6 [66] записано:

«Допускаются отклонения действительной аэродинамической характеристики [радиального] вентилятора от паспортной в пределах рабочего участка по величине полного/статического давления не более ± 4%».

В 3.4.1 [66] указано, что аэродинамическую характеристику радиального вентилятора определяют в результате его аэродинамических испытаний на стандартизованной установке или пересчетом с известной характеристики геометрически подобного вентилятора в соответствии с [147].

В таблице 1 [66] указано, что аэродинамические характеристики вентиляторов должны определяться при приемо-сдаточных испытаниях.

В 5.3.9 [72] записано:

«Отклонение действительной аэродинамической характеристики [осевого вентилятора] от паспортной в пределах рабочего участка:

– по значению полного давления – не более ±5%;

– по значению статического давления – не более ±7%».

В 8.5 [72] указано, что аэродинамические параметры номинального режима и полную аэродинамическую характеристику вентиляторов проверяют в соответствии с [147]. При условии геометрического подобия и автомодельных чисел Рейнольдса не менее $(0{,}25\text{-}0{,}3)\text{x}10^6$ допускается производить аэродинамические испытания с использованием модели, образцов с меньшими номерами и при пониженных оборотах.

В таблице 2 [72] указано, что аэродинамические характеристики вентиляторов должны определяться при приемо-сдаточных испытаниях. Таким образом, требования 6.1.6 [66] и 5.3.9 [72] действуют только для предприятий-изготовителей вентиляторов.

В 10.3.1 настоящего пособия обоснована ненужность измерения полного давления вентилятора на примере систем охлаждения гермооболочки, а приведение его к каталожным данным является абсолютно лишним.

Таким образом, использовать данную методику для разработки программ проверок на соответствие проектным характеристикам систем вентиляции АС практически невозможно.

2.35 Требования СТО 1.1.1.01.0678

В стандарте [140] нет требований к системам вентиляции и кондиционирования воздуха, отсутствующих в другой НД, кроме пункта 10.6.3.5, первый абзац которого приведен в таблице 2.18.

Требование о том, что при очистке воздуха и газов угольными фильтрами относительная влажность воздуха (газа) не должна превышать 70%, было приведено в разделе 5 главе 32 правил [148], после ввода в действие новой редакции правил [149] в 1989 году оно сохранилось только в «Основных правилах обеспечения эксплуатации атомных станций».

Выписка из «Основных правил обеспечения эксплуатации атомных станций» разных лет издания в части требований к фильтрам приведена в таблице 2.18.

Таблица 2.18

Пункт, шифр документа	Требования документов
15.5 [150]	При очистке воздуха и газов угольными и аэрозольными фильтрами относительная влажность воздуха (газа) не должна превышать 70%. Запрещается эксплуатация этих фильтров при отключенном влагометре. Фильтры всех приточных систем должны обеспечивать эффективность очистки воздуха от объемной радиоактивности не менее 80%.
13.5.5 [151]	При очистке воздуха и газов угольными и аэрозольными фильтрами относительная влажность воздуха (газа) не должна превышать 70%, если не установлены иные величины в проектной, конструкторской или заводской документации. Запрещается эксплуатация этих фильтров при отключенном влагомере. Аэрозольные и угольные фильтры вентиляционных систем должны обеспечивать эффективность очистки воздуха от объемной радиоактивности не менее 80%.
10.6.3.5 [152], 10.6.3.5 [153]	При очистке воздуха и газов угольными и аэрозольными фильтрами относительная влажность воздуха (газа) не должна превышать 70%, если не установлены иные величины в проектной, конструкторской или заводской документации. Запрещается эксплуатация этих фильтров при отключенном влагомере. Эффективность очистки удаляемого воздуха от радиоактивных аэрозолей и соединений йода фильтрами вытяжных вентиляционных систем должна быть не менее 90%. Эффективность очистки воздуха от аэрозольных частиц фильтрами приточных вентиляционных систем должна быть не менее 80%.
10.6.3.5 [140]	При очистке воздуха и газов угольными и аэрозольными фильтрами относительная влажность воздуха (газа) не должна превышать 70%, если не установлены иные величины в проектной, конструкторской или заводской документации. Запрещается эксплуатация этих фильтров при отключенном влагомере. Эффективность работы фильтров, предназначенных для улавливания радиоактивного йода из вентиляционного воздуха, должна обеспечивать установленные проектом АС коэффициенты очистки отдельно по молекулярному йоду и по органическим формам йода. Эффективность очистки удаляемого воздуха аэрозольными фильтрами систем вытяжной вентиляции, рециркуляционных системах в течение всего периода их использования должна быть не менее 99,95% для наиболее проникающих частиц. Эффективность очистки воздуха от атмосферной пыли фильтрами приточных вентиляционных систем должна быть не ниже 80%.

В настоящее время требование об ограничении относительной влажности воздуха (газа) перед аэрозольными и йодными фильтрами более не актуально, т.к. максимальная относительная влажность среды для современных фильтров аэрозольных и адсорберов угольных согласно заводской документации не менее 90%.

2.36 Требования нормативной документации к адсорберам угольным

В настоящее время единственное конкретное требование нормативной документации к адсорберам угольным содержится в нормах [10], а именно:

Эффективность очистки вентиляционного воздуха йодными фильтрами систем вытяжной вентиляции должна быть не менее 99,9% по молекулярной форме йода и не менее 99% по органическим формам йода.

В стандарте [154] записано, что минимальное значение отношения концентрации радиоактивного метилйодида в газе на входе в колонку с адсорбентом к его концентрации на выходе из колонки должно быть не менее 100, т.е. эффективность очистки газа от метилйодида-131 должна быть не менее 99%.

2.37 Опыт выполнения Запорожской АЭС требований НД Украины о наличии методик определения коэффициента очистки фильтров

В 2005 году в Украине были введены в действие санитарные правила [155], в которых имелся пункт 12.2.17, полностью совпадающий с пунктом 3.9.10 [135], но с дополнительным перечислением:

«наличие методик определения коэффициента очистки очистных аппаратов и фильтров при входном контроле, перед установкой на системы вентиляции и при проведении регламентных испытаний».

Причем ни одна АС Украины на момент ввода в действие правил [155] не располагала техническими средствами для измерения эффективности фильтров и адсорберов угольных при входном контроле и перед установкой на системы вентиляции.

Многолетняя переписка Запорожской АЭС и ГП «НАЭК «Энергоатом» с Госатомрегулирования ни к чему не привела. Технические решения АС Украины о замене определения эффективности фильтров на измерение перепада давления воздуха не согласовывались Госатомрегулирования, т.к. это совершенно разные характеристики фильтров.

Наконец в техническом решении [156], согласованном с Госатомрегулирования в 2016 году, принята схема контроля состояния фильтров и адсорберов угольных, приведенная в таблице 2.19.

Таблица 2.19

Этап	Группа фильтров		
	для общей вентиляции	высокоэффективные воздушные	адсорберы угольные (фильтры йодные)
Входной контроль	Проверка наличия в паспортах класса по действующему стандарту	Подтверждение класса или эффективности при проведении приемо-сдаточных испытаний на предприятии-изготовителе в присутствии представителя АС	Проверка наличия в паспортах значений эффективности по метилйодиду-131 (смеси метилйодида-127 и метилйодида-131) или по методике, согласованной с Госатомрегулирования
Перед установкой	Обеспечение условий хранения фильтров и адсорберов угольных согласно требованиям заводов-изготовителей		
Периодические проверки	Не проводятся	Проведение испытаний на масляную струйку	Измерение эффективности сорбента из контрольных адсорберов в специализированной организации, определенной при проведении торгов (конкурса)

В дальнейшем Запорожской АЭС разработано концептуальное решение [157], согласованное с Госатомрегулирования, которым предусмотрено:

– модернизация приспособлений ПСФ-У-3 (для установки фильтров высокоэффективных воздушных (аэрозольных) на системах вентиляции TL21D01, TL23) для возможности контроля герметичности установки высокоэффективных воздушных фильтров (см. 8.4.9 настоящего пособия);

– замена фильтров аэрозольных Д-23кл и их эквивалентов на фильтры высокоэффективные воздушные (аэрозольные) со сменными ступенями класса не ниже H13 по [11] (см. 8.4.3 настоящего пособия);

– замена фильтрэлементов на фильтрах аэрозольных ФАРТОС Ц-500 системы вентиляции TL22 на фильтрэлементы сейсмостойкие (см. 8.4.4 настоящего пособия);

– замена корпусов Ду350 на сейсмостойкие корпуса для установки фильтров высокоэффективных воздушных (аэрозольных) (см. 8.4.10 настоящего пособия);

– замена адсорберов угольных типа АУ-1500, АУ-1500-1 на адсорберы угольные с сейсмостойким креплением к строительным конструкциям (см. 13.2 настоящего пособия);

– установка контрольных адсорберов на байпасных линиях адсорберов угольных (групп адсорберов угольных) (см. 13.2 настоящего пособия).

Вместо проведения испытаний фильтров высокоэффективных воздушных на масляную струйку в концептуальном решении предусмотрена закупка стенда для входного контроля указанных фильтров, предполагалось:

– стенд смонтировать и использовать для входного контроля всех фильтров высокоэффективных воздушных, закупаемых АС Украины;

– генератор аэрозолей, разбавитель и счетчик аэрозолей использовать для пробных измерений эффективности фильтров аэрозольных на аварийной приточной системе вентиляции БПУ UV55 по отдельной программе;

– на основании опыта, полученного при измерениях эффективности фильтров аэрозольных на аварийной приточной системе вентиляции БПУ UV55, определить необходимое количество технических средств и объеме модификации систем вентиляции для возможности измерения эффективности фильтров аэрозольных на всех системах вентиляции, на которых они установлены.

В настоящее время на Запорожской АЭС работы по модернизации систем вентиляции с фильтрами и адсорберами угольными приостановлены до разработки Решений согласно требованиям НД РФ.

2.38 Сведения о KTA 3601

Немецкий стандарт [143] устанавливает требования к системам вентиляции АС и содержит требования, отсутствующие в НД РФ, например:

– корпуса воздушных фильтров должны быть настолько герметичны, чтобы утечка была не более 0,003% номинального объемного расхода воздуха при испытательном давлении 20 мбар [5.1.6, 2); 8.2.1, 3)];

– непосредственно перед монтажом каждый аэрозольный фильтровальный элемент должен пройти проверку на отсутствие утечек (например, тест на масляный туман). После монтажа проводится проверка плотности посадки седла элемента. При этом должно быть показано, что расход утечки при испытательном давлении 20 мбар не превышает 0,003% номинального расхода фильтровального элемента [8.2.1, d)];

– фильтровальные установки по очистке воздуха от йода, предназначенные для очистки воздуха во время и после аварий, должны выполнены с засыпкой адсорбента высотой слоя не менее 20 см. Время контакта воздуха с адсорбентом должно составлять не менее 0,5 с [5.1.7, 4)];

Примечание – В примечании (4) к таблице B.1 [143] указано, что содержание фракции активированного угля размером от 1 мм до 2 мм должно быть не менее 94%, что для адсорберов угольных АУ-1500, АУИ-1500-1 неприемлемо.

– в фильтровальных установках по очистке от йода следует предусмотреть аэрозольные элементы не ниже класса H13 по [21], перед ними должны быть установлены аэрозольных элементов не ниже класса H11 по [21] [5.1.7, 5)];

– фильтровальные установки по очистке от йода должны оснащаться устройствами, позволяющими взятие репрезентативной пробы адсорбента для проверки эффективности. Если для этого предусмотрены контрольные фильтры, то они должны состоять как минимум из двух подключенных друг за другом отдельных фильтров. Эти контрольные фильтры должны быть соединены с линиями, имеющими достаточный диаметр не менее 25 мм, так, чтобы воздух поступал сверху. Объем адсорбента каждого фильтра должен быть одинаковым. Сумма объемов должна быть равна объему колонны диаметром 50 мм и длиной, соответствующей толщине слоя контролируемой фильтровальной установки по очистке от радиойода. Скорость потока воздуха через контролирующий фильтр должна устанавливаться так, чтобы общее время очистки в контролируемой фильтровальной установке по очистке от радиойода было таким же, как и в контролируемом фильтре [5.1.7, 6), 7)];

– температура самовоспламенения активированного угля с содержанием импрегнанта (йодистого калия) 1,5% должна быть не менее 300 °С;

– минимально допустимые значения эффективности йодных фильтров по отношению к метилйодиду приведены в таблице 2.20 (таблица В.1).

Таблица 2.20

Объект	Начальная эффективность йодного фильтра	Конечная эффективность йодного фильтра
Системы нормальной эксплуатации	99%	90%
Аварийные системы вентиляции	99,99%	99%

2.39 Сведения о ISO 26802:2010

В статье [158] записано:

«При установлении требований к минимально допустимым значениям эффективности очистки йодными фильтрами целесообразно принять во внимание международные подходы, отмеченные в международном стандарте [159], в которых отмечается, что эффективность очистки йодными фильтрами должна устанавливаться отдельно по молекулярной и органической форме йода, при этом, как правило, должны применяться йодные фильтры с эффективностью очистки не менее 99.9 % (по молекулярной форме йода) и не менее 99.0 % (по органическим формам йода)».

В открытом доступе находится аннотация стандарта [159]:

Стандарт устанавливает требования, относящиеся к проектированию и функционированию систем защитной оболочки и вентиляции ядерных реакторов и исследовательских реакторов с учетом следующего. Для атомных электростанций (АЭС) (ядерных энергетических установок) стандарт рассматривает только реакторы, которые имеют систему двойной защитной оболочки, основанную на рекомендациях Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ). Что касается исследовательских реакторов, настоящий стандарт применяется исключительно к реакторам, для которых аварийные ситуации могут стать проблемой относительно целостности и герметичности защитной оболочки, т. е. в которых могут возникать переходные процессы высокого давления или высокой температуры, и для которых требуется обеспечение изоляции защитной оболочки (ядерного реактора) и отключение соответствующих вентиляционных систем.

Для информации: в РБ и Украине введены в действие национальные стандарты [160] и [161] соответственно, не исключено, что кому-нибудь придется ознакомиться с каким-либо из них, или с оригиналом.

2.40 Кодирование оборудования и объектов АС

При разработке рабочей документации присвоение оперативного обозначения оборудованию, СИ, кабелям силовым и контрольным выполнялось согласно [162].

В указанном документе принята буквенно-цифровая маркировка каждой монтажной единицы, которая строится с помощью арабских цифр и букв латинского алфавита. Маркировка достаточно проста к применению.

Следует отметить, что в рабочей документации систем вентиляции и кондиционирования воздуха оперативное обозначение было присвоено только оборудованию с электродвигателями, электроприводной арматуре, фильтрам, СИ и ТСА. Арматуре с ручным приводом оперативное обозначение в рабочей документации не указывалось.

А для разработки эксплуатационной документации, оформления нарядов-допусков и распоряжений на выполнение работ, ремонтной документации оперативное обозначение оборудования, не указанное в рабочей документации, было необходимо, и оно было присвоено персоналом службы вентиляции Запорожской АЭС.

Были случаи несовпадения оперативного обозначения электроприводной арматуры, указанного в комплекте чертежей ОВ и в комплектах чертежей электроснабжения и автоматики. Формально основным считается оперативное обозначение оборудования, указанное в технологической части рабочей документации, и при наличии несовпадений должны быть внесены изменения в комплекты чертежей электроснабжения и автоматики.

Но в эксплуатационной документации были указаны оперативные обозначения согласно комплектах чертежей электроснабжения и автоматики, т.к. в комплекты чертежей электроснабжения и автоматики для приведения оперативных обозначений арматуры в соответствие с чертежами ОВ нужно было вносить множество изменений:

- в кабельные журналы;
- в таблицы заполнения сборок;
- в функциональные схемы и алгоритмы блокировок;
- и т.д.

А в чертежах ОВ оперативные обозначения арматуры указаны в принципиальных и аксонометрических схемах, планах и разрезах, на них можно просто не обращать внимания.

В настоящее время присвоение оперативных обозначений оборудованию и объектам АС осуществляется по системе кодирования KKS согласно [163].

Пока на Запорожской АЭС новых объектов не строится, система KKS не внедряется.

2.41 Анализ проектов нормативных документов

В настоящее время разработаны и введены в действие множество стандартов корпорации «Росатом» и концерна «Росэнергоатом», часть из них затрагивает вопросы устройства и эксплуатации систем вентиляции и кондиционирования воздуха.

Часть требований, содержащихся в стандартах, устарела, носит декларативный характер или невыполнима, но разработка новых стандартов не прекращается. Рассмотрение проектов новых стандартов, как правило, поручают инженерам лаборатории наладки, как наиболее подготовленным.

Рассмотрим один проект стандарта, результаты анализа приведены в таблице 2.21.

Можно сделать вывод, что проект стандарта требует доработки.

Таблица 2.21

Текст по проекту стандарта	Предлагаемая редакция	Обоснование
Название		
Фильтры систем вентиляции и газоочистки для объектов использования атомной энергии. Общие технические требования	Фильтры аэрозольные систем вентиляции и спецгазоочистки для объектов использования атомной энергии. Общие технические требования	Так будет корректнее описана область применения стандарта
Область применения		
Стандарт устанавливает общие требования к следующим изделиям: − к фильтрам аэрозольным, предназначенным для использования в системах вытяжной и рециркуляционной вентиляции на объектах использования атомной энергии, включая атомные электростанции; − к фильтрам аэрозольным, предназначенным для использования в системах жизнеобеспечения блочного пункта управления и резервного пункта управления атомной электростанции	Стандарт устанавливает общие требования к следующим изделиям: − к фильтрам аэрозольным, предназначенным для использования в системах вентиляции на объектах использования атомной энергии, включая атомные электростанции; Исключить	Фильтры аэрозольные могут входить в состав приточных систем вентиляции, систем воздухоснабжения пневмокостюмов, в состав передвижных вентиляционных установок Действующими НД не предусмотрены особые требования к фильтрам аэрозольным для систем жизнеобеспечения персонала БПУ и РПУ
Положения стандарта подлежат применению … после включения этого стандарта в договор (контракт) с соответствующими юридическими и/или физическими лицами	Положения стандарта подлежат применению … при условии включения ссылки на этот стандарт в ТЗ (ИТТ) на фильтры аэрозольные	В договор стандарты не включаются, а в ТЗ (ИТТ) ссылка на стандарт обязательна. А в договоре обязательна ссылка на ТЗ (ИТТ)
Положения стандарта устанавливают основные требования к аэрозольным фильтрам, относящимся к 1, 2 и 3 классам безопасности для объектов использования атомной энергии. Для фильтров аэрозольных 4 класса безопасности требования стандарта действуют только при включении в условия договора и/или проектную документацию	Положения стандарта устанавливают основные требования к аэрозольным фильтрам, относящимся к 3 классу безопасности для объектов использования атомной энергии	Фильтров аэрозольных 1 класса безопасности не может быть по определению (см. 2.17.7 настоящего пособия). Не может быть фильтров аэрозольных 2 класса безопасности, отказ которых приводит к последствиям, описанным в 2.6 [9]. Нет причин для ограничения области применения стандарта для фильтров 4 класса безопасности

Продолжение таблицы 2.21

Текст по проекту стандарта	Предлагаемая редакция	Обоснование
Положения стандарта не распространяется на адсорберы (йодные) фильтры	Положения стандарта не распространяется на адсорберы угольные (йодные фильтры) систем вентиляции, цеолитовые фильтры и фильтры-адсорберы систем спецгазоочистки	Уточнение области применения
Стандарт организации не распространяется на фильтры и фильтроэлементы самоочищающиеся	Исключить	Требования к фильтрам аэрозольным самоочищающимся могут быть указаны в стандарте
Классификация		
Отсутствует	Фильтры аэрозольные самоочищающиеся подразделяют на две группы: – с возможностью регенерации фильтроэлементов по месту установки; – без возможности регенерации фильтроэлементов по месту установки (в отдельном приспособлении после демонтажа фильтроэлементов из корпусов)	Опыт разработки ТЗ на фильтры аэрозольные самоочищающиеся (см. 8.4.4 настоящего пособия)
К основным параметрам и характеристикам фильтров аэрозольных относятся: – эффективность фильтрации интегральная; – эффективность фильтрации локальная; – перепад давления на фильтре аэрозольном при номинальном расходе воздуха Отсутствует	К основным параметрам и характеристикам фильтров аэрозольных относятся: – эффективность интегральная – эффективность локальная – максимальный начальный перепад давления воздуха на фильтре аэрозольном при номинальном объемном расходе воздуха; – минимальное и максимальное усилие для надежного уплотнения фильтров аэрозольных в корпусах (секциях, приспособлениях для смены и установки фильтров);	Согласно [11] См. 13.11 настоящего пособия Данный параметр необходим для проверки плотности посадки фильтров аэрозольных при проведении приемочных испытаний

Продолжение таблицы 2.21

Текст по проекту стандарта	Предлагаемая редакция	Обоснование
Отсутствует	– пылеемкость (для двухступенчатых фильтров аэрозольных – ступени предварительной очистки; для комбинированных аэрозольно-сорбционных фильтров – к аэрозольной части) по [14]; – минимальный конечный перепад давления воздуха на фильтре аэрозольном при номинальном объемном расходе воздуха	В [11] определение пылеемкости не предусмотрено, а фильтры аэрозольные при эксплуатации на АС выходят из строя именно из-за оседания на поверхности фильтроматериала крупнодисперсной и волокнистой пыли Этот параметр необходим для подбора вентилятора и назначения ВРГ. См. также 13.11 настоящего пособия
	К дополнительным параметрам и характеристикам фильтров аэрозольных самоочищающихся относятся: – время промывки фильтрэлементов дистиллятом; – расход дистиллята на промывку фильтрэлементов; – давление дистиллята на промывку фильтрэлементов; – время сушки фильтрэлементов; – рабочее и предельно допускаемое избыточное давление воздуха в корпусе	Опыт разработки ТЗ на фильтры аэрозольные самоочищающиеся
Значение перепада давления на фильтре аэрозольном зависит от его конструкции и примененных фильтроматериалов и определяется для номинального значения расхода воздуха	Максимальный начальный перепад давления воздуха и минимальный конечный перепад давления воздуха на фильтре аэрозольном должны быть указаны в ТЗ (ИТТ) при номинальном объемном расходе воздуха	Начальное и конечное значение перепада давления воздуха на фильтре аэрозольном должен определять не Изготовитель, а Заказчик или проектная организация. См. также 13.11 настоящего пособия
Отсутствует	Для фильтров аэрозольных самоочищающихся максимальное начальное значение перепада давления воздуха должно быть указано в ТЗ (ИТТ) для номинального объемного расхода воздуха в одном или двух режимах работы (накопления сухого остатка и самоочищения с непрерывным отводом жидкой дисперсной фазы от фильтроэлементов)	Опыт разработки ТЗ на фильтры аэрозольные самоочищающиеся. См. также 13.11 настоящего пособия

Продолжение таблицы 2.21

Текст по проекту стандарта	Предлагаемая редакция	Обоснование
Технические требования		
Фильтры аэрозольные должны обеспечивать очистку воздуха от различных аэрозолей, в том числе радиоактивных и токсичных, с размерами частиц от 0,1 мкм и более	Фильтры аэрозольные должны обеспечивать очистку воздуха от различных аэрозолей, в том числе радиоактивных и токсичных, с размерами частиц от 0,05 мкм и более	Согласно рис. 2 [11]
Форма, габаритные и присоединительные размеры фильтров аэрозольных должны соответствовать требованиям унифицированного типоразмерного ряда фильтров аэрозольных применительно к эксплуатации в системах вентиляции и спецгазоочистки организаций ОИАЭ, включая АС, в соответствии с проектной документацией	Исключить	Унифицированный типоразмерный ряд фильтров аэрозольных не существует. Есть типоразмерный ряд фильтров по [164], под него установлены корпуса и приспособления для смены и установки фильтров на действующих АС. Есть типоразмерные ряды сменных фильтровальных модулей для установок фильтровальных аэрозольных различных производителей. Для передвижных вентиляционных установок могут быть изготовлены фильтры аэрозольные нестандартных размеров. В проектной документации указываются марки фильтров аэрозольных, а их форму, габаритные и присоединительные размеры определяет предприятие-изготовитель
Конструкцией фильтра аэрозольного должна быть обеспечена устойчивость к механическим воздействиям, которые могут иметь место при нормальной эксплуатации	Конструкцией фильтра аэрозольного должна быть обеспечена устойчивость к механическим воздействиям, которые могут иметь место при нормальной эксплуатации и ПЗ или МРЗ	Как правило, фильтры аэрозольные должны иметь I или II категорию сейсмостойкости по [128]
Отсутствует	Конструкция фильтров аэрозольных самоочищающихся должна обеспечивать эффективность очистки от аэрозолей при относительной влажности фильтруемого воздуха до 100%, а также фильтрации взвесей и туманов	Опыт разработки ТЗ на фильтры аэрозольные самоочищающиеся

Продолжение таблицы 2.21

Текст по проекту стандарта	Предлагаемая редакция	Обоснование
Отсутствует	Конструкция фильтров аэрозольных самоочищающихся должна обеспечивать при работе в режиме самоочищения: – подачу дистиллята на поверхность фильтроэлементов для их промывки; – организованный отвод от фильтроэлементов жидкой дисперсной фазы в сливной патрубок (коллектор); – исключение накопления загрязняющих веществ в конструкции фильтроэлементов, не удаляемых регенерацией; – возможность многократной регенерации фильтроэлементов путем промывки дистиллятом без их демонтажа из корпусов; – исключение разрыва фильтроматериала при регенерации фильтроэлементов за счет давления дистиллята Корпуса фильтров аэрозольных самоочищающихся и фильтров аэрозольных для систем спецгазоочистки должны быть рассчитаны на избыточное давление воздуха, его значение должно быть указано в ТУ (ТЗ)	Опыт разработки ТЗ на фильтры аэрозольные самоочищающиеся
Воздействие на фильтры аэрозольные повышенных (по сравнению с рабочими) температур [до (150±5)°С в течение 24 ч] не должно приводить к выделению токсических веществ	Воздействие на фильтры аэрозольные предельно допустимой температуры среды не должно приводить к выделению токсических веществ. Значение предельно допустимой температуры среды должно быть указано в ТУ (ТЗ)	Не все фильтры аэрозольные устанавливаются в гермооболочке, а для систем вентиляции обстройки достаточно значения предельно допустимой температуры среды 60 °С

Продолжение таблицы 2.21

Текст по проекту стандарта	Предлагаемая редакция	Обоснование
Конструкция фильтров аэрозольных должна позволять применять их в качестве сменных комплектующих элементов, встраиваемых в специальные корпуса для подсоединения к воздуховодам, либо в соответствующие секции стационарных или переносных фильтровальных установок	Исключить	Требования отредактированы и перенесены в раздел «Указания по эксплуатации …»
Отсутствует	Корпуса фильтров аэрозольных самоочищающихся и фильтров аэрозольных для систем спецгазоочистки должны иметь элементы для крепления к строительным конструкциям или металлоконструкциям, рассчитанные на сейсмические нагрузки согласно [128]	Опыт эксплуатации
	Конструкция фильтров аэрозольных может позволять замену фильтроэлементов при условии обеспечения герметичности и механической прочности узлов их крепления. Для фильтров аэрозольных самоочищающихся применение сменных фильтроэлементов является обязательным требованием	Конструкция фильтров аэрозольных (не самоочищающихся) может не предусматривать возможность замены фильтрэлементов
Требования к надежности		
Фильтры аэрозольные для ОИАЭ должны обеспечивать показатели надежности не ниже следующих: – срок службы – не менее 2 лет, при значении средней массовой концентрации аэрозолей на входе в фильтр аэрозольный не более 100 мкг/м^3; – долговечность – не менее 2 лет;	Фильтры аэрозольные для ОИАЭ должны обеспечивать показатели надежности не ниже следующих: – срок службы (кроме фильтров аэрозольных самоочищающихся) – не менее 2 лет, при значении средней массовой концентрации аэрозолей на входе в фильтр аэрозольный не более 100 мкг/м^3; Исключить	Опыт разработки ТЗ на фильтры аэрозольные самоочищающиеся

Продолжение таблицы 2.21

Текст по проекту стандарта	Предлагаемая редакция	Обоснование
– ремонтопригодность – фильтр аэрозольный ремонту не подлежит	– ремонтопригодность – фильтры аэрозольные (кроме фильтров аэрозольных самоочищающихся) ремонту не подлежат; – фильтры аэрозольные (кроме фильтров аэрозольных самоочищающихся) ремонту не подлежат; – фильтры аэрозольные (кроме фильтров аэрозольных самоочищающихся) ремонту не подлежат;	Опыт разработки ТЗ на фильтры аэрозольные самоочищающиеся
Отсутствует	– срок службы корпусов фильтров аэрозольных самоочищающихся – не менее 30 лет при условии замены уплотнений каждые 10 лет;	
	– срок службы фильтроэлементов фильтров аэрозольных самоочищающихся – не менее 10 лет	
Конструкция фильтра аэрозольного должна обеспечивать его плотную посадку в воздуховоде, не допускающую утечки по контуру присоединения (при соблюдении порядка монтажа), и с учетом маркировки исключать возможность его неправильного монтажа	В конструкции фильтров аэрозольных должны быть предусмотрены: – уплотнения со стороны входа воздуха, обеспечивающие значение утечек (подсосов) воздуха не более 0,003% номинального объемного расхода воздуха при испытательном давлении 20 мбар; – элементы конструкции, выдерживающие усилия от прижимных деталей корпусов (секций, приспособлений для смены и установки фильтров)	Требования в данном разделе должны распространяться на изготовление фильтров. Нормируемое значение утечек (подсосов) воздуха взято из [143] (см. 2.38 настоящего пособия)

Продолжение таблицы 2.21

Текст по проекту стандарта	Предлагаемая редакция	Обоснование
Конструкция фильтров аэрозольных в течение установленного срока службы должна: – обеспечивать сохранность фильтрующей поверхности при увеличении сопротивления ее воздушному потоку в 10 раз за счет накопления уловленных частиц	Конструкция фильтров аэрозольных в течение установленного срока службы должна: – обеспечивать сохранность фильтрующей поверхности при увеличении сопротивления ее воздушному потоку в 4 раза за счет накопления уловленных частиц	Данного требования нет в [10] и [127]. Опыт эксплуатации аэрозольных фильтров на АС и испытаний на предприятиях-изготовителях показал, что 4-кратный перепад давления воздуха от начального значения данного параметра они еще выдерживают, но не более
Отсутствует	Проверку сохранности фильтрующей поверхности фильтроэлементов фильтров самоочищающихся при увеличении сопротивления ее воздушному потоку разрешается выполнять гидростатическим давлением	Опыт разработки ТЗ на фильтры аэрозольные самоочищающиеся
Требования к комплектности		
Отсутствует	Комплект поставки сменных фильтроэлементов определяется договором поставки	Опыт разработки ТЗ на фильтры аэрозольные самоочищающиеся
Требования к маркировке		
На корпус фильтра аэрозольного должна быть нанесена следующая маркировка: – тип и класс фильтра аэрозольного; – номинальная производительность по воздуху, $м^3/ч$; – перепад давления на «чистом» фильтре аэрозольном при номинальном расходе, Па; – эффективность при номинальной производительности для наиболее проникающих частиц	На корпус фильтра аэрозольного должна быть нанесена следующая маркировка: – класс по [11]; – номинальный объемный расход воздуха, при котором проводилась классификация фильтра Исключить Исключить	Согласно [11]
Отсутствует	Сменные фильтроэлементы должны быть маркированы согласно требованиям КД	Опыт разработки ТЗ на фильтры

Окончание таблицы 2.21

Текст по проекту стандарта	Предлагаемая редакция	Обоснование
Указания по эксплуатации, включая хранение, транспортирование, утилизацию		
Фильтры аэрозольные рассчитаны на одноразовое использование и в процессе эксплуатации ремонту не подлежат (неремонтопригодная продукция)	Фильтры аэрозольные (кроме фильтров аэрозольных со сменными фильтрэлементами и фильтров аэрозольных самоочищающихся) рассчитаны на одноразовое использование и в процессе эксплуатации ремонту не подлежат (неремонтопригодная продукция). Сменные фильтроэлементы (кроме фильтроэлементов фильтров аэрозольных самоочищающихся) рассчитаны на одноразовое использование и в процессе эксплуатации ремонту не подлежат (неремонтопригодная продукция). Фильтроэлементы фильтров аэрозольных самоочищающихся подлежат регенерации и повторному использованию	Опыт разработки ТЗ на фильтры аэрозольные самоочищающиеся
Отсутствует	Фильтры аэрозольные должны устанавливаться в корпуса (приспособления для смены и установки фильтров), имеющие элементы для крепления к строительным конструкциям или металлоконструкциям, рассчитанные на сейсмические нагрузки согласно [128]	Опыт эксплуатации
	Фильтры аэрозольные (группы фильтров аэрозольных) подлежат замене при наступлении одного из событий: − превышения ВРГ перепада давления воздуха; − снижения эффективности менее 90%; − мощности дозы гамма-излучения от накопленных радиоактивных веществ более допустимого значения	Дублирование требований 10.30 [3]

3 Принципиальные схемы систем вентиляции и кондиционирования воздуха

3.1 Общие сведения

В разделе 3 настоящего пособия показаны принципиальные схемы систем вентиляции и кондиционирования воздуха и их фрагменты в объеме, достаточном для ознакомления с устройством указанных систем.

Оперативные обозначения элементов систем вентиляции и кондиционирования воздуха (вентиляторов, автономных кондиционеров, электроприводной арматуры, охлаждаемых проходок, СИ и ТСА) в рабочей документации указаны согласно [162]. Оперативные обозначения остальных элементов присваивались при разработке эксплуатационных схем (см. 2.40 настоящего пособия).

Оперативные обозначения КИД на схемах присвоены на основании требований [165] о том, что каждый клапан избыточного давления должен иметь оперативное обозначение как арматура, принадлежащая вытяжной вентсистеме, связанной с ним перетоком воздуха.

Условные обозначения на схемах приведены в приложении Д настоящего пособия. В нем же приведены условные обозначения ПИП и связей с УВС согласно [166].

Принципиальные схемы аварийных систем вентиляции приведены в 4.8 настоящего пособия.

3.2 Принципиальные схемы систем вентиляции и охлаждения герметичной части

Упрощенная принципиальная схема систем вентиляции и охлаждения герметичной части включена в состав рабочей документации, ее фрагмент показан на рис. 4.1 настоящего пособия.

Принципиальные схемы систем вентиляции и охлаждения герметичной части блоков № 1, 5 приведены в приложении Е настоящего пособия.

На воздуховодах систем вентиляции и охлаждения герметичной части TL01-TL05 установлены клапаны запорно-обратные независимо от наличия общих коллекторов.

В ТОБ записано, что клапаны запорно-обратные выполняют функцию пускового шибера, т.е. ограничивают пусковые токи электродвигателей. Для проверки этого утверждения на блоках № 1, 5 была произведена регистрация пусковых токов на одном вентиляторе системы TL02 и на одном вентиляторе системы TL04, описание выполненных работ приведено в приложении Ж.

На графиках значений пусковых токов вентиляторов, установленных на системах TL02 и TL04 (рис. Ж.2-Ж.9), видно, что указанные значения в двух режимах не отличаются. Этот результат можно объяснить тем, что за время пуска (4 с) рабочие колеса вентиляторов раскручиваются до частоты вращения не более 100 об/мин, при этом аэродинамическая часть нагрузки на электродвигатель была практически равна нулю.

Некоторое увеличение тока, потребляемого электродвигателями вентиляторов системы TL04, можно объяснить увеличением расхода воздуха за счет снижения аэродинамического сопротивления сети.

Таким образом, необходимость в наличии клапанов воздушных комбинированных запорно-обратных в составе систем вентиляции и охлаждения гермооболочки без общих коллекторов отсутствует.

3.3 Принципиальные схемы систем вентиляции и охлаждения транспортного коридора

По первоначальному проекту, транспортный коридор входил в состав гермооболочки, в рабочей документации были предусмотрены локализующие группы TL42S04-S06; TL22S10-S12 и система охлаждения TL14.

Решением Минэнерго СССР от 1986 года транспортный коридор был выведен из состава гермооболочки, но на блоках № 3, 4 к тому времени была смонтирована локализующая арматура.

По рабочей документации блоков № 5, 6 вентиляция транспортного коридора обеспечивалась системой вентиляции TL25, на его стенах устанавливались клапаны герметичные TL25S05, S06; TL45S05, S06.

Фрагмент принципиальной схемы систем вентиляции гермооболочки и принципиальная схема системы TL14 блоков № 1, 2 показан на рис. 3.1. Фрагмент принципиальной схемы систем TL14, TL25 блоков № 5, 6 показан на рис. 3.2.

На рис. 3.1 показано фактическое количество быстродействующей арматуры, оставшейся на системах вентиляции транспортного коридора блоков № 1, 2 после переноса ее на блоки № 5, 6 (см. 4.5.2 настоящего пособия).

Управление электроприводной арматурой, установленной на стенах транспортного коридора, производится с БУЗ (БУИМ).

Система охлаждения транспортного коридора TL14 никогда не использовалась по назначению.

Одно время в транспортном коридоре хранились в холодный период года контейнеры с отработанным ядерным топливом, рассматривался вопрос о подаче на воздухоохладители системы TL14 сетевой воды для обогрева указанного помещения, но в итоге этого не потребовалось.

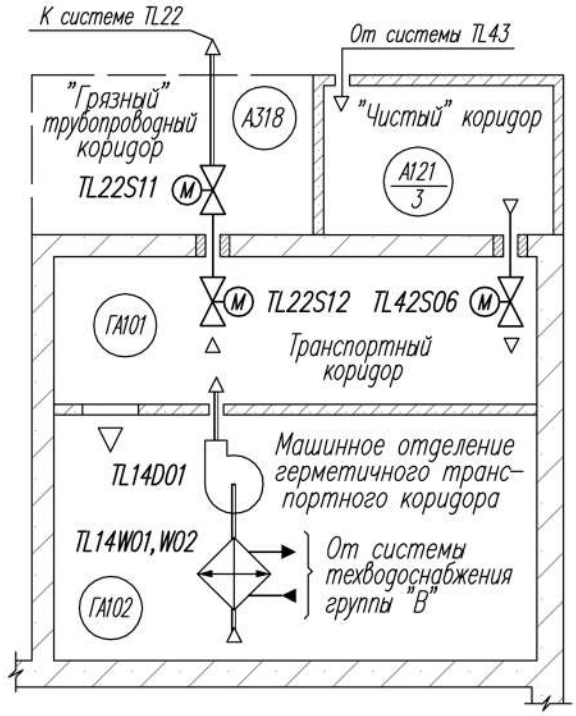
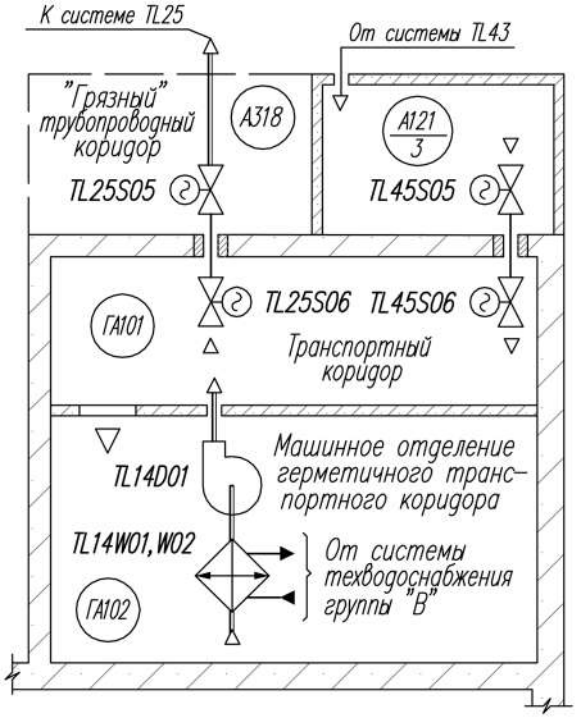


Рисунок 3.1 – Фрагмент принципиальной схемы систем вентиляции транспортного коридора на блоках № 1, 2



Примечание – А121/3 – «чистый» коридор.

Рисунок 3.2 – Фрагмент принципиальной схемы систем вентиляции транспортного коридора на блоках № 5, 6

3.4 Принципиальные схемы систем охлаждения фундаментной части и обстройки

С целью сокращения расходов воздуха систем общеобменной вентиляции для удаления избыточного тепла в ряде помещений с большими тепловыделениями предусмотрена установка рециркуляционных систем воздушного охлаждения, на воздухоохладители которых подается:

– на воздухоохладители систем TL06, TL07, TL08, TL09:

➢ на первый ряд – техническая вода группы «А» соответствующего канала СБ постоянно;

➢ на второй ряд – рабочая вода от ПЭМ UX11H01 (только на воздухоохладители работающих вентиляторов);

– на воздухоохладители систем TL10, TL13, UV05 – техническая вода группы «А» соответствующего канала СБ постоянно.

В качестве примера в настоящем пособии приведены фрагменты принципиальных схем:

– системы TL06D01 – на рис. 3.3;

– системы TL10D01 – на рис. 3.4.

Блокировки систем охлаждения фундаментной части и обстройки приведены в 4.9.2.3 настоящего пособия.

Показания СИ температуры воздуха в обслуживаемых помещениях выводятся в УВС и на фрагменты РМО согласно таблице 4.34.

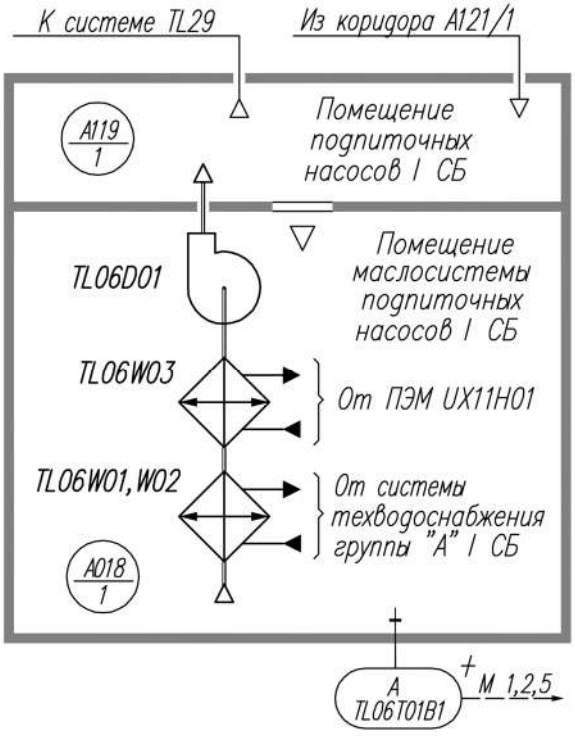


Рисунок 3.3 – Принципиальная схема системы TL06D01

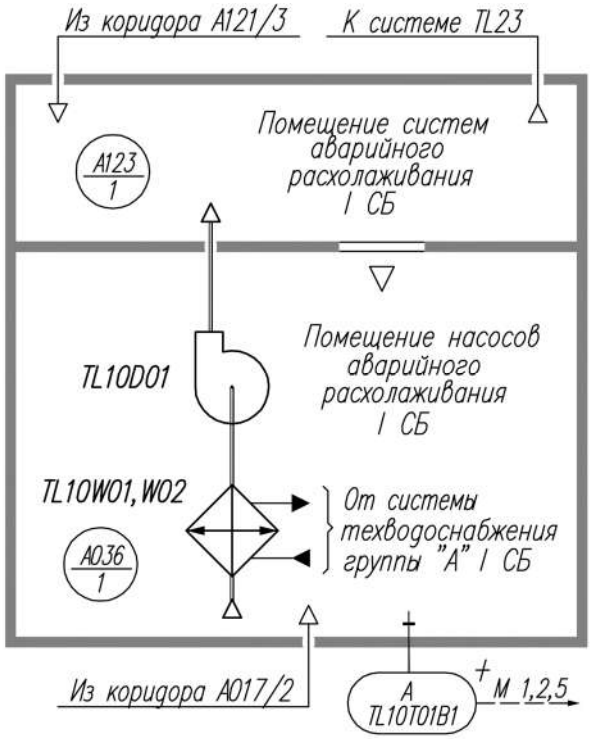


Рисунок 3.4 – Принципиальная схема системы TL10D01

3.5 Принципиальные схемы систем охлаждения проходок

Для подачи воздуха в охлаждаемые проходки (см. 6.16 настоящего пособия) рабочей документацией предусмотрены системы охлаждения проходок TL50, UV40. От каждого вентилятора системы охлаждения венткамер и проходок днища гермооболочки TL13 предусмотрена подача воздуха в охлаждаемые проходки трубопроводов, проходящих через фундаментную плиту.

На выходных патрубках проходок рабочей документацией предусмотрена установка термопреобразователей сопротивления для измерения температуры выходящего воздуха. Показания СИ температуры воздуха на входе и выходе проходок выводятся в УВС и на фрагменты РМО согласно таблице 4.33.

Принципиальная схема системы TL13 показана в составе систем вентиляции гермооболочки:

– блока № 1 – на рис. Е.1;

– блока № 5 – на рис. Е.2.

Фрагмент принципиальной схемы системы UV40 показан на рис. 3.5.

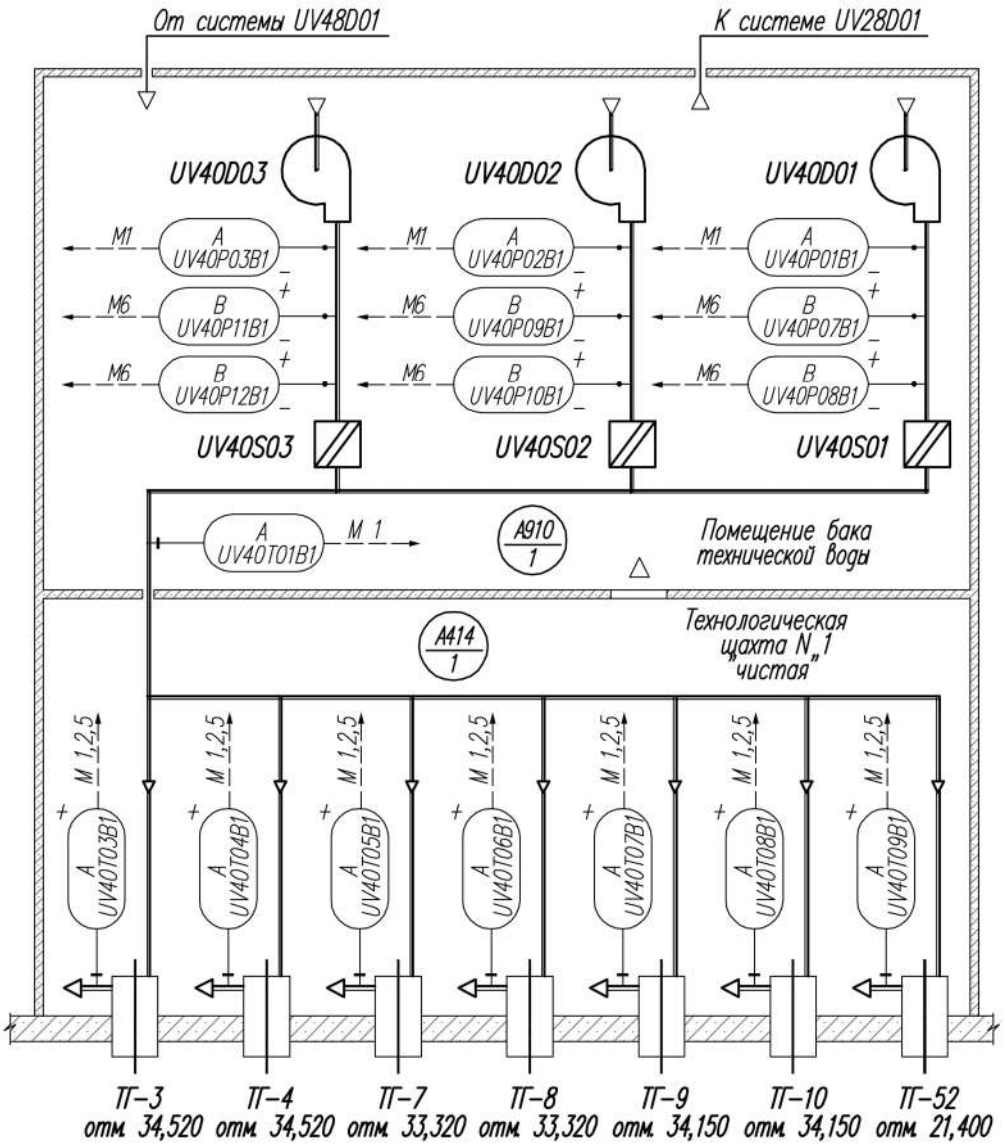


Рисунок 3.5 – Фрагмент принципиальной схемы системы охлаждения проходок UV40

3.6 Принципиальные схемы систем вытяжной вентиляции ЗКД

Системы вытяжной вентиляции ЗКД удаляют воздух из обслуживаемых помещений и выбрасывают его в венттрубу № 1. Фрагменты принципиальных схем в качестве примера показаны:

– системы TL23 (в части обслуживаемых помещений) – на рис. 3.6;

– системы TL25 (в части обслуживаемых помещений) – на рис. 3.7;

– систем TL25, TL30 (в части вентиляторов) – на рис. 3.8;

– системы TL23 (в части вентиляторов и фильтров аэрозольных с адсорберами угольными) – на рис. 3.9.

Обратите внимание на то, что на рис. 3.6 в помещения А032, А035 воздух перетекает из помещений А030/1-3 через КИД, в свою очередь в помещения А030/1-3 воздух перетекает из коридоров через КИД.

В таблице 10.12 приведен фрагмент таблицы воздухообмена, из которого следует, что расчетное давление воздуха в помещениях А030/1-3 равно минус 25 Па, а в помещениях А032, А035 – минус 30 Па.

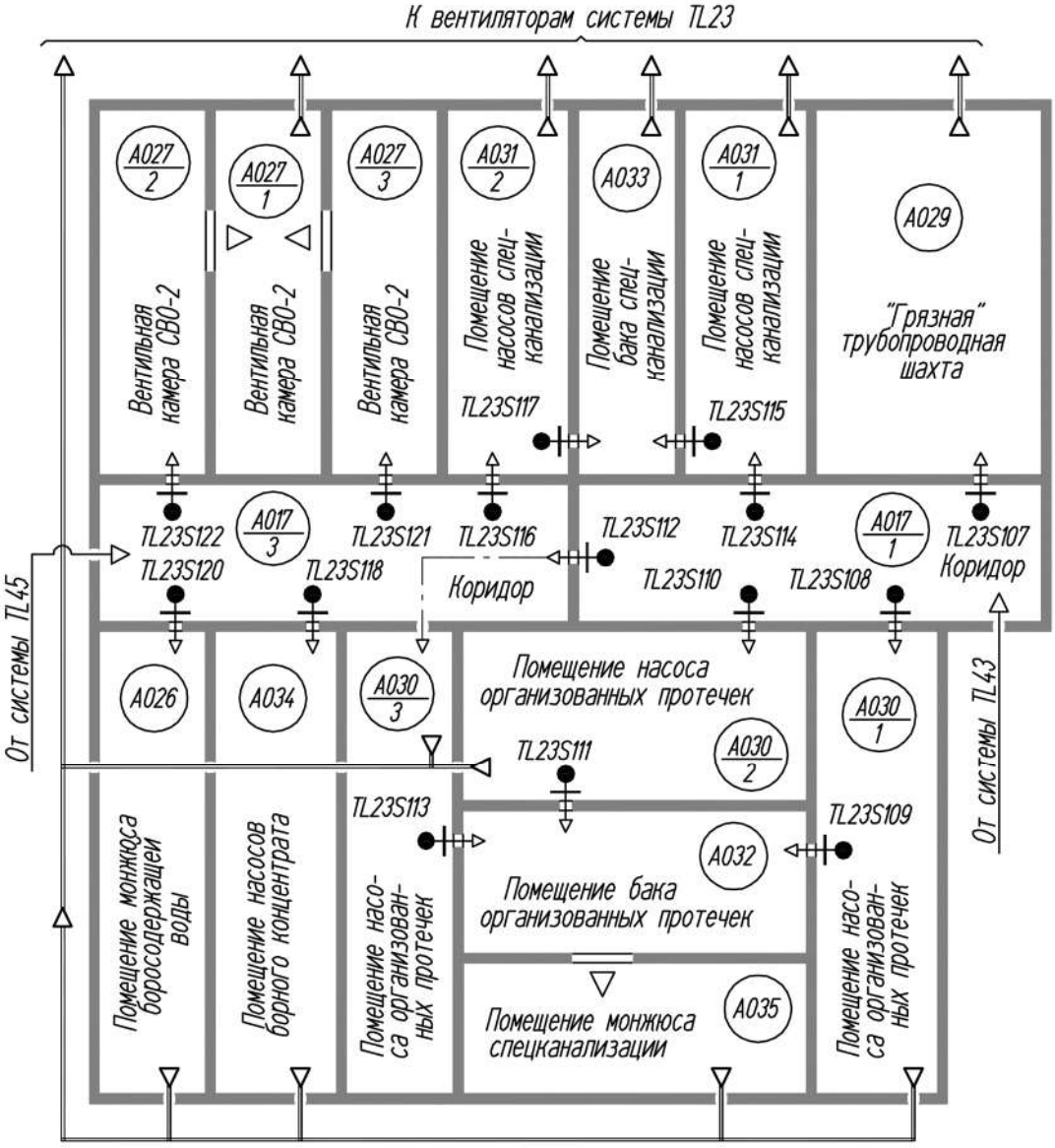


Рисунок 3.6 – Фрагмент принципиальной схемы системы вентиляции TL23

Обратите внимание также на то, что на рис. 3.7 в часть помещений воздух перетекает из коридоров через КИД, в часть помещений – через сетки.

Объясняется это тем, что, как указано в 7.2 настоящего пособия, на Запорожской АЭС периодически изменяется категория радиационной опасности помещений обстройки и фундаментной части РО, чаще всего – с II категории на III категорию. На этом основании по техническим решениям КИД на стенах помещений III категории радиационной опасности демонтируются, вместо них устанавливаются сетки.

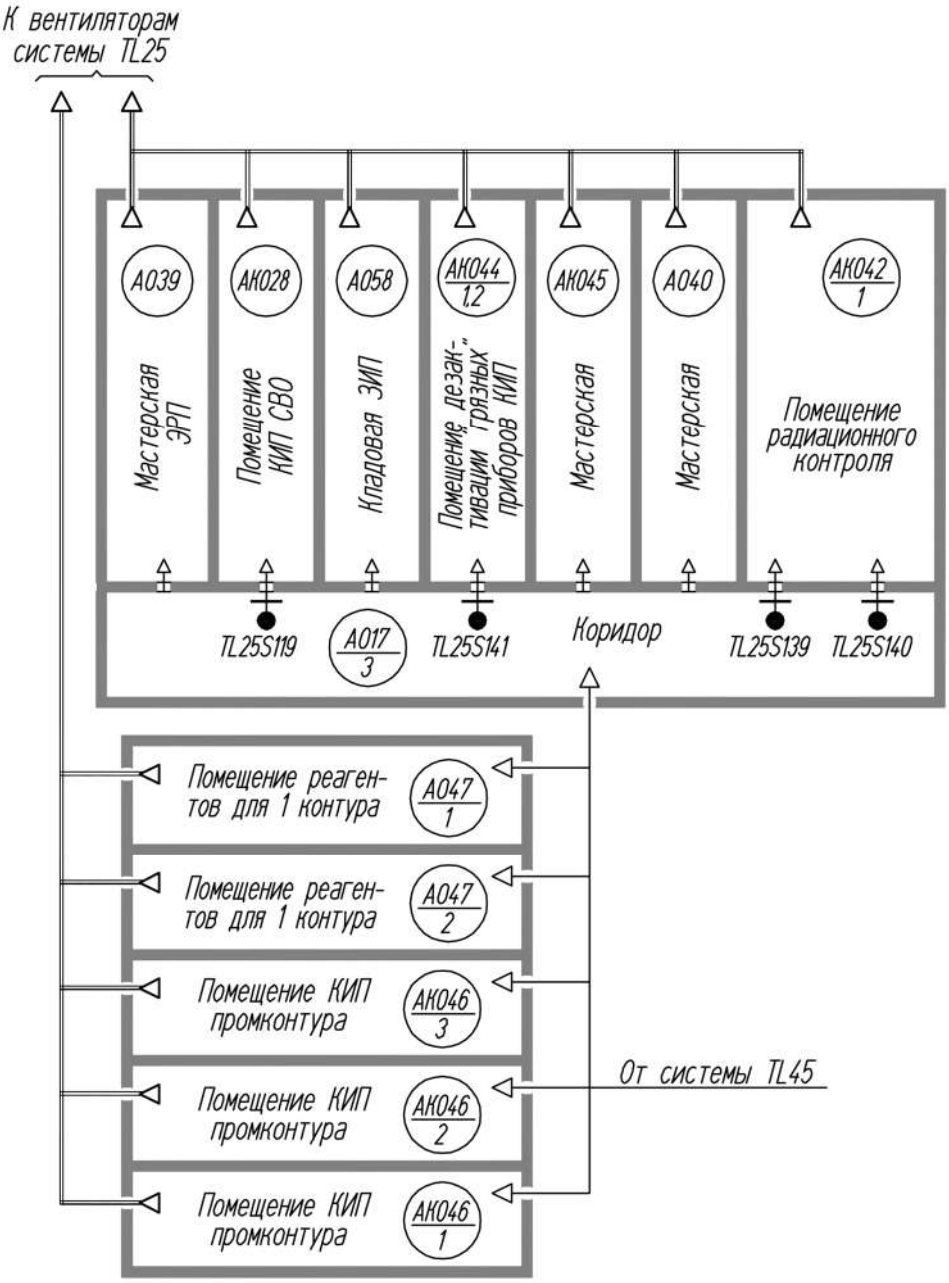


Рисунок 3.7 – Фрагмент принципиальной схемы системы вентиляции TL25

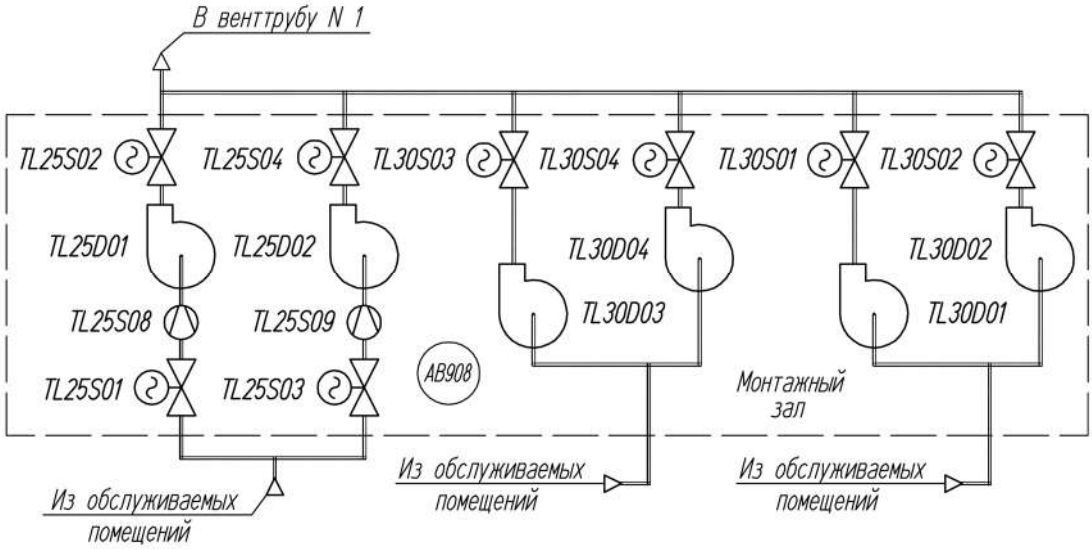


Рисунок 3.8 – Фрагмент принципиальной схемы систем вентиляции TL25, TL30

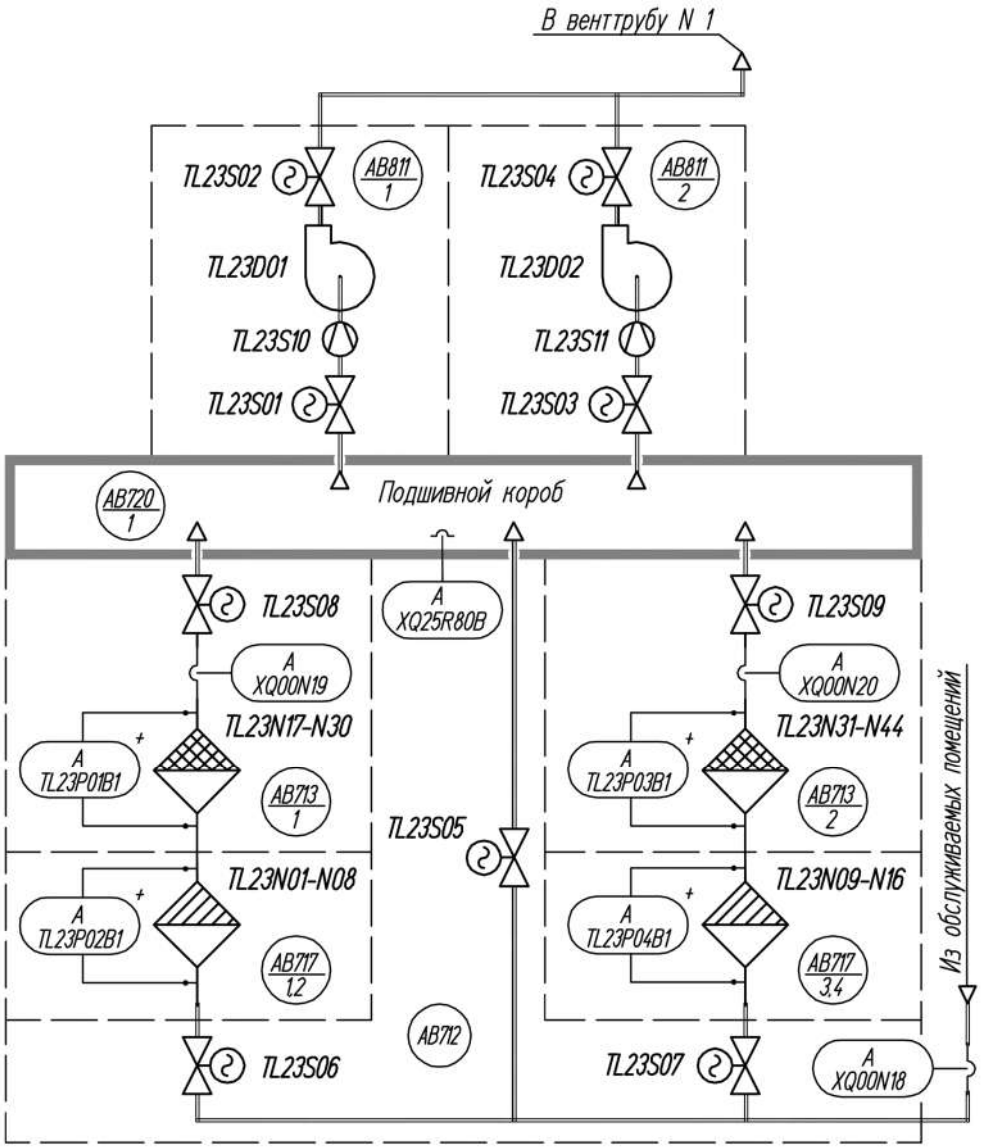


Рисунок 3.9 – Фрагмент принципиальной схемы системы вентиляции TL23

Рабочей документацией на системах вытяжной вентиляции ЗКД предусмотрена установка:

– между выходными патрубками вентиляторов и коллекторами – клапанов герметичных вентиляционных;

– перед вентиляторами дутьевыми – направляющих аппаратов с ручным приводом;

– между входными патрубками вентиляторов и коллекторами (кроме TL30) – клапанов герметичных вентиляционных.

3.7 Принципиальные схемы систем вытяжной вентиляции ЗСД

Системы вытяжной вентиляции ЗСД удаляют воздух из обслуживаемых помещений и выбрасывают его в помещения AB1106/1, 2. Фрагмент принципиальных схем систем вентиляции UV37D03, D04; UV57D05, D06 в качестве примера показан на рис. 3.10.

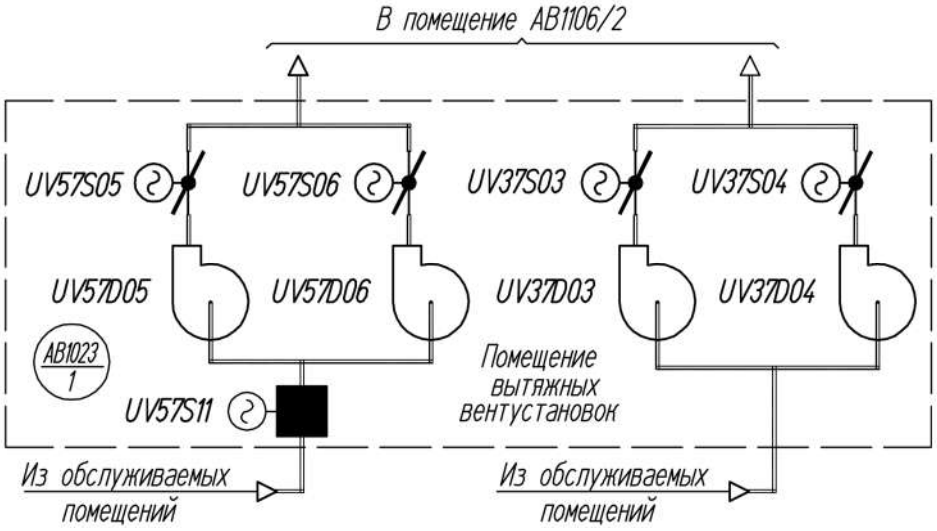


Рисунок 3.10 – Фрагмент принципиальной схемы систем UV37D03, D04; UV57D05, D06

Схемы систем вентиляции ЗСД в части обслуживаемых помещений стандартные.

3.8 Принципиальные схемы систем вентиляции кабельных этажей

В кабельные этажи наружный воздух подается без обработки (очистки и подогрева):

– в помещения АЭ219/1, 2 – приточной системой вентиляции UV38;

– в помещения АЭ506/1, 2; АЭ508/1, 2 – естественными приточными системами вентиляции UV49 и UV51 соответственно;

– в помещения АЭ507/1, 2 – приточной системой вентиляции UV50.

Системы вытяжной вентиляции удаляют воздух из кабельных этажей и выбрасывают его в помещения АВ1106/1, 2. Принципиальные схемы систем вентиляции UV29, UV49; UV30, UV50 в качестве примера показаны на рис. 3.11 и на рис. 3.12 соответственно.

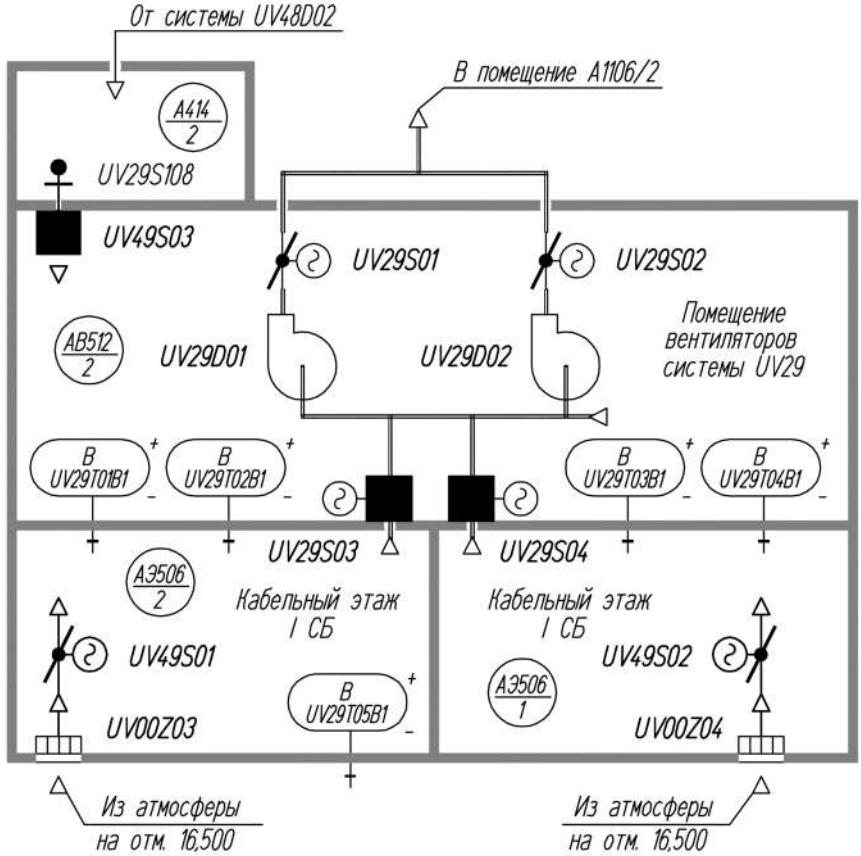


Рисунок 3.11 – Принципиальная схема систем вентиляции UV29, UV49

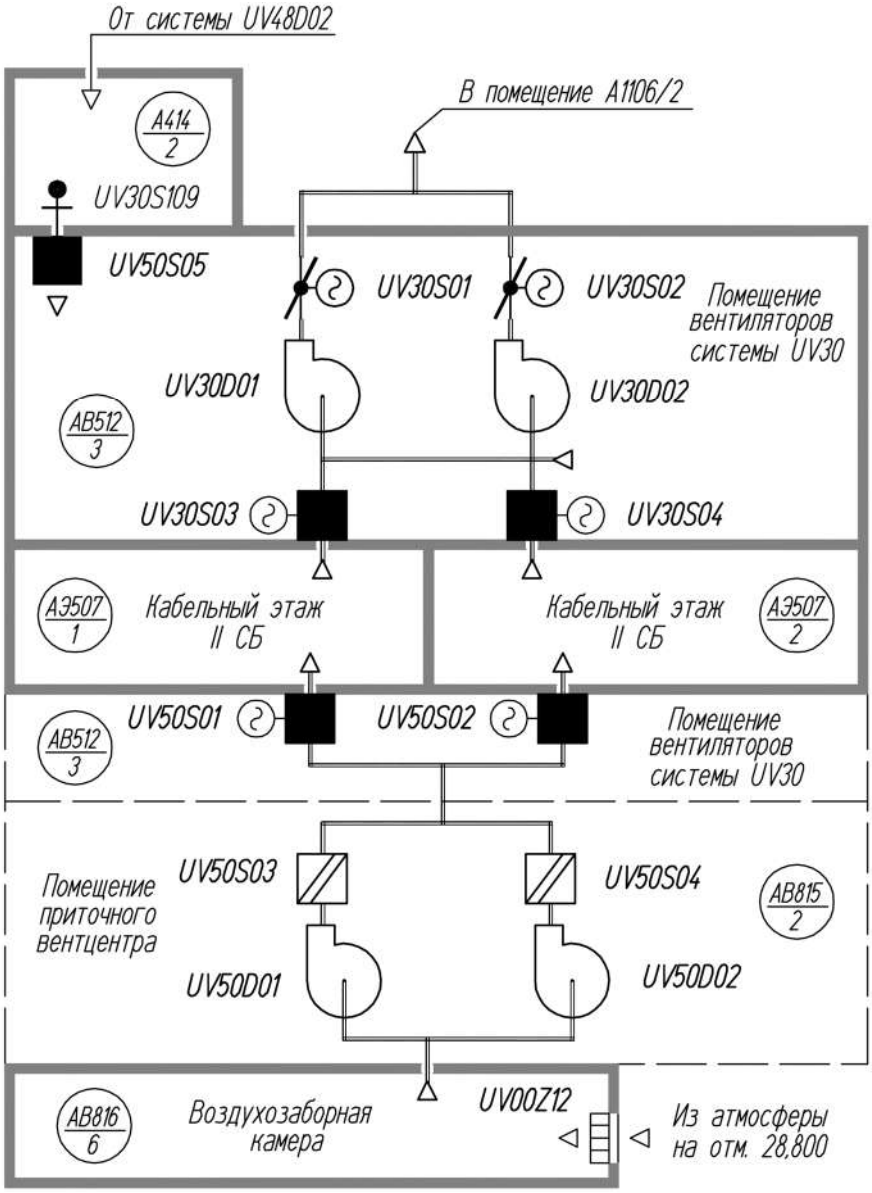


Рисунок 3.12 – Принципиальная схема систем вентиляции UV30, UV50

3.9 Принципиальные схемы приточных систем вентиляции

Оборудование всех приточных систем вентиляции, обслуживающих помещения ЗСД и ЗКД, на основании требований 13.6.7 [34] установлено в ЗСД.

На проемах воздухозаборных камер установлены противовзрывные устройства (см. 8.3.9 настоящего пособия).

При значениях расхода воздуха приточных систем вентиляции более 8000 м^3/ч на них устанавливаются приточные камеры (см. 8.8 настоящего пособия), в состав которых входят:

- клапаны воздушные утепленные (см. 8.3.5 настоящего пособия);
- фильтры воздушные рулонные (см. 8.4.2 настоящего пособия);
- воздухонагреватели (см. 8.2.1 настоящего пособия).

При наличии соответствующих требований в НД предусмотрен 100% резерв по оборудованию. Для отключения резервных вентиляторов по воздуху установлены клапаны воздушные с электроприводом.

На воздуховодах систем вентиляции, пересекающих стены приточных вентцентров блоков № 1-4, в рамках мероприятия по повышению пожарной безопасности установлены клапаны противопожарные нормально открытые.

Фрагмент принципиальной схемы системы вентиляции TL43 приведен на рис. 3.13.

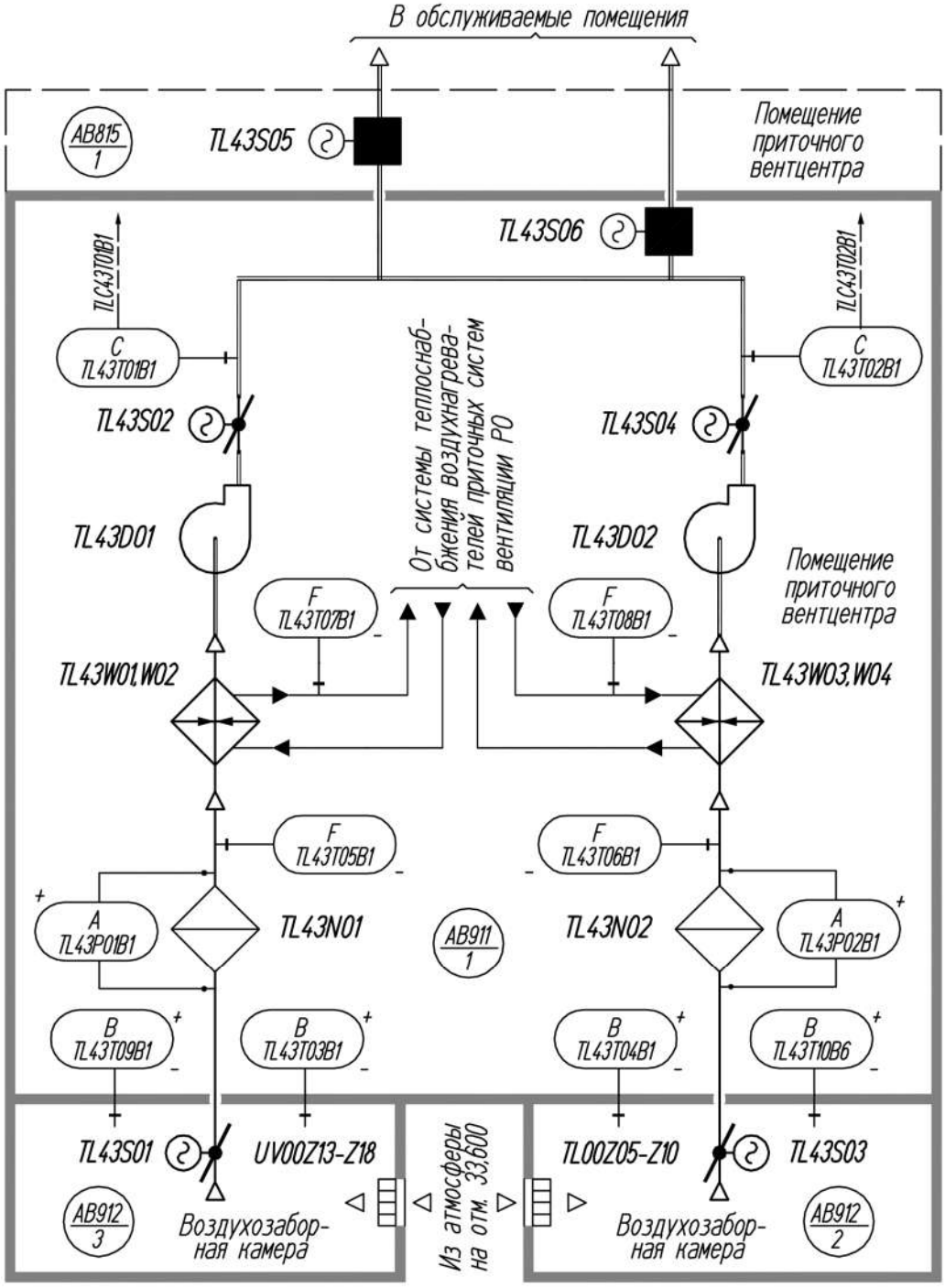


Рисунок 3.13 – Фрагмент принципиальной схемы системы вентиляции TL43

При значениях расхода воздуха приточных систем вентиляции менее 8000 м^3/ч в их состав входят отдельные элементы:

– фильтры ячейковые (см. 8.4.1 настоящего пособия);

– воздухонагреватели (см. 8.2.1 настоящего пособия).

При наличии соответствующих требований в НД предусмотрен 100% резерв по оборудованию. Для отключения резервных вентиляторов по воздуху установлены клапаны воздушные с электроприводом или клапаны обратные (см. 8.3.6 и 8.3.4 настоящего пособия соответственно).

Принципиальная схема системы вентиляции UV32 приведена на рис. 3.14.

На ней показано, что фильтры ячейковые установлены в воздухозаборной камере (см. 8.4.1 настоящего пособия).

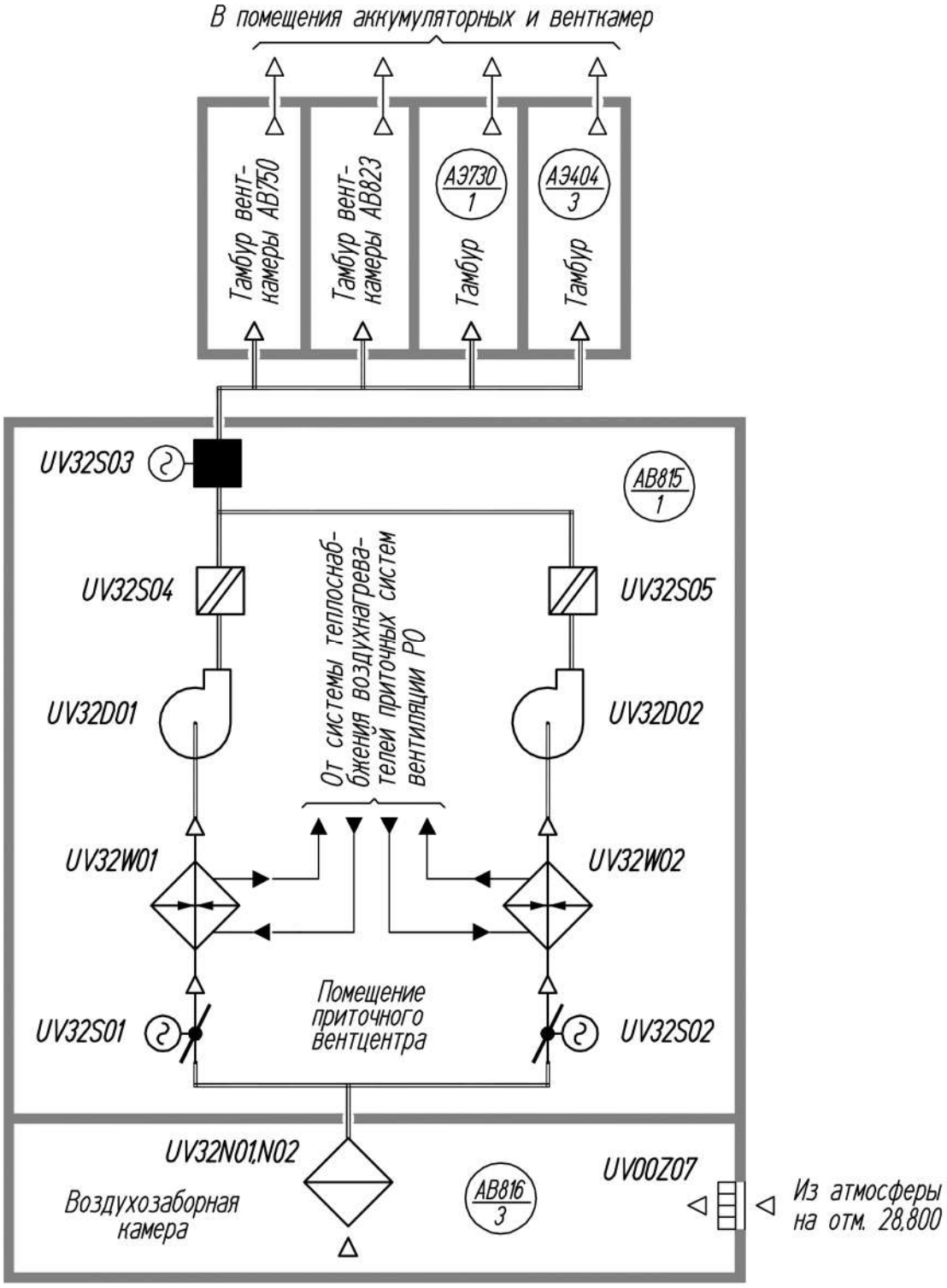


Рисунок 3.14 – Принципиальная схема системы вентиляции UV32

3.10 Принципиальные схемы систем вентиляции помещений АБ

Рабочей документацией предусмотрены приточно-вытяжные системы вентиляции помещений АБ и соответствующих кислотных:

- надежного питания I СБ – UV24, UV44;
- надежного питания II СБ – UV25, UV45;
- надежного питания III СБ – UV26, UV46;
- УВС – UV33, UV53;
- СУЗ – UV34, UV54.

Приточно-вытяжные системы вентиляции по первоначальной рабочей документации предназначены для ассимиляции значительных паров серной кислоты и водорода, выделяемых в воздух помещений АБ в режиме зарядки аккумуляторов и незначительных выделений водорода в режиме подзаряда.

Вентиляция выполняется независимыми приточно-вытяжными системами для каждого канала СБ, а также СУЗ и УВС.

Функцией вытяжных систем вентиляции является удаление 1/3 объема загрязненного воздуха из верхней зоны помещения и 2/3 объема – из нижней зоны. Функцией приточных систем вентиляции является разбавление выделяемых в помещения вредностей и компенсация удаляемого воздуха наружным обработанным воздухом с подачей его в рабочую зону помещений, обеспечение избыточного давления воздуха в тамбурах-шлюзах не менее 20 Па.

Вытяжные системы вентиляции помещений АБ надежного питания являются системами нормальной эксплуатации, обеспечивающими выполнение источниками питания функций аварийного электроснабжения потребителей 1 группы.

Для вентиляции каждого помещения АБ установлено по одному вентилятору на приточных и вытяжных системах вентиляции. К системам приточно-вытяжных систем вентиляции помещений АБ надежного питания подведено электропитание от источников надежного электроснабжения и дизель-генераторов САЭ. К системам приточно-вытяжной вентиляции помещений АБ СУЗ и УВС подведено электропитание от сборок нормальной эксплуатации.

Критерием выполнения возложенных на систему функций служит обеспечение в помещениях кислотных и АБ проектного воздухообмена и нормируемого избыточного давления воздуха в тамбурах-шлюзах.

Различия в устройстве систем вентиляции помещений АБ на различных блоках приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Основные технические решения	Блоки № 1, 2	Блоки № 3-6
Наличие противопожарных тамбуров-шлюзов 1-го типа с установкой самозакрывающихся противопожарных дверей и постоянным избыточным давлением воздуха:		
− у помещений АБ	Предусмотрена	Предусмотрена
− у помещений вытяжных венткамер из помещений АБ	Не предусмотрена	Предусмотрена
Подача воздуха в противопожарные тамбуры-шлюзы:		
− у помещений АБ	От соответствующих приточных систем вентиляции	От отдельных приточных систем вентиляции
− у помещений вытяжных венткамер из помещений АБ	Не предусмотрена	От отдельных приточных систем вентиляции
Наличие естественных систем вытяжной вентиляции из помещений вытяжных венткамер из помещений АБ	Не предусмотрена	Предусмотрена

На блоках № 1-4 на воздуховодах приточных систем вентиляции в помещения АБ обратные клапаны в искрозащищенном исполнении заменены клапанами противопожарными нормально открытыми взрывозащищенного исполнения с электроприводами.

Принципиальная схема систем вентиляции UV24, UV44 показана:

- блоков № 1, 2 – на рис. 3.15;
- блоков № 3-6 – на рис. 3.16.

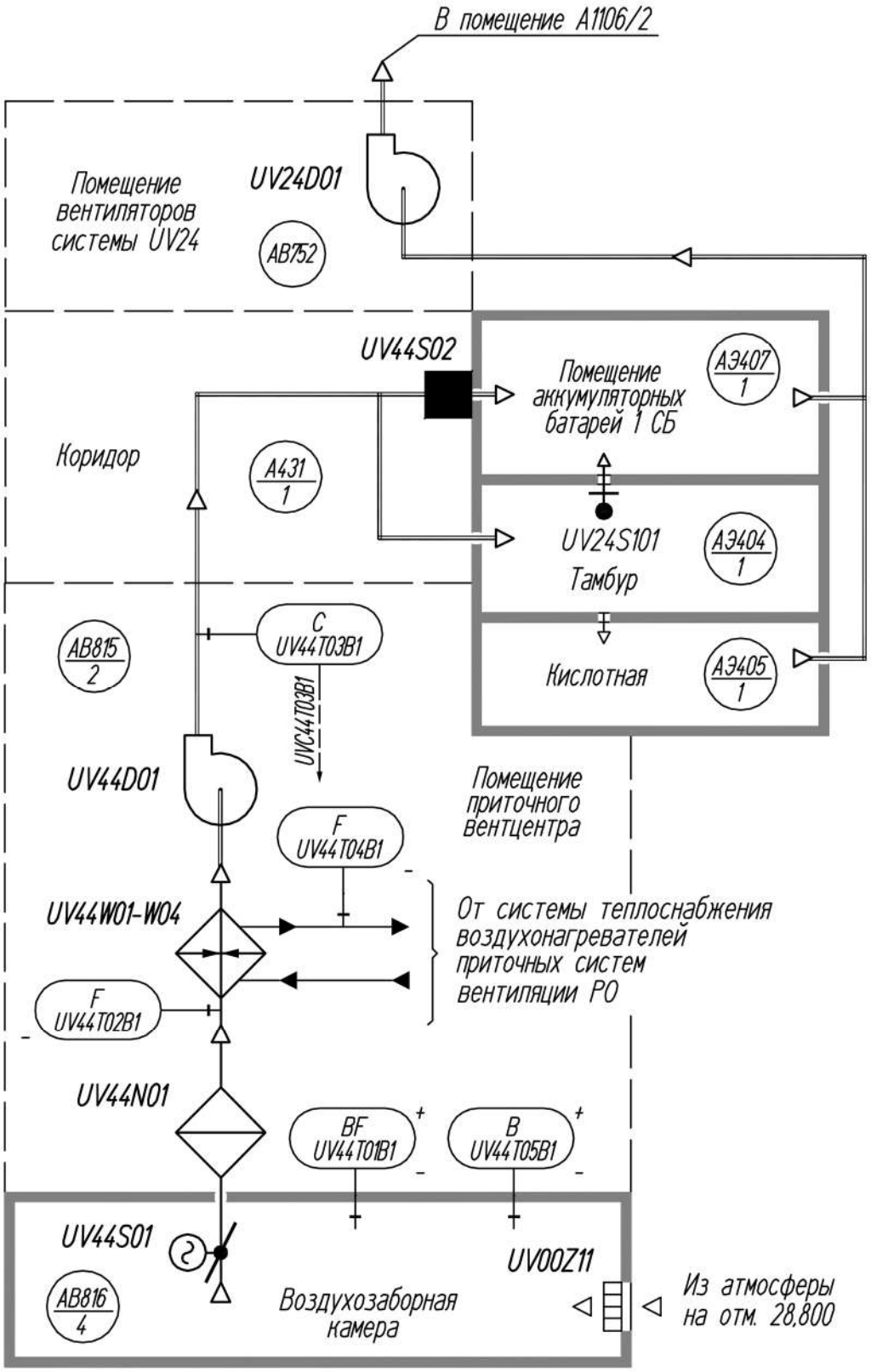
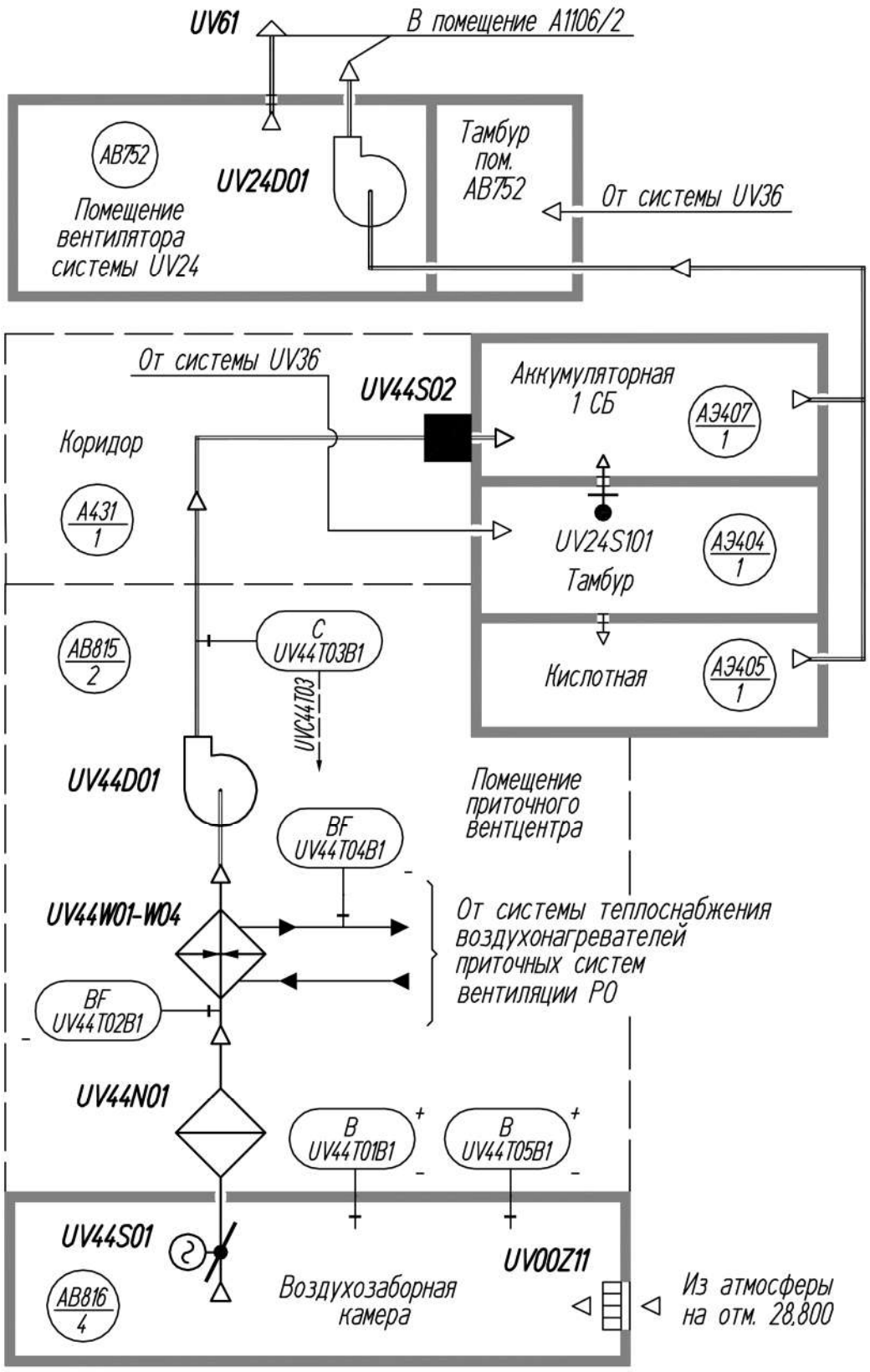


Рисунок 3.15 – Принципиальная схема систем вентиляции UV24, UV44 блоков № 1, 2



Примечание – На блоках № 5, 6 UV44S02 – это клапан обратный искрозащищенного исполнения.

Рисунок 3.16 – Принципиальная схема систем вентиляции UV24, UV44 блоков № 3-6

3.11 Принципиальные схемы систем кондиционирования воздуха

В помещениях автономных кондиционеров рециркуляционные воздуховоды могут быть не предусмотрены или в процессе эксплуатации демонтированы. Нагретый воздух из обслуживаемых помещений перетекает в помещения автономных кондиционеров и далее забирается работающими кондиционерами.

На воздуховодах систем кондиционирования воздуха, пересекающих стены и перегородки помещений автономных кондиционеров, установлены клапаны противопожарные нормально открытые с электроприводом:

– при устройстве газового пожаротушения в обслуживаемых помещениях (см. 6.19 настоящего пособия);

– при модернизации систем кондиционирования воздуха.

Принципиальная схема системы кондиционирования воздуха UV07D07-D09 показана на рис. 3.17.

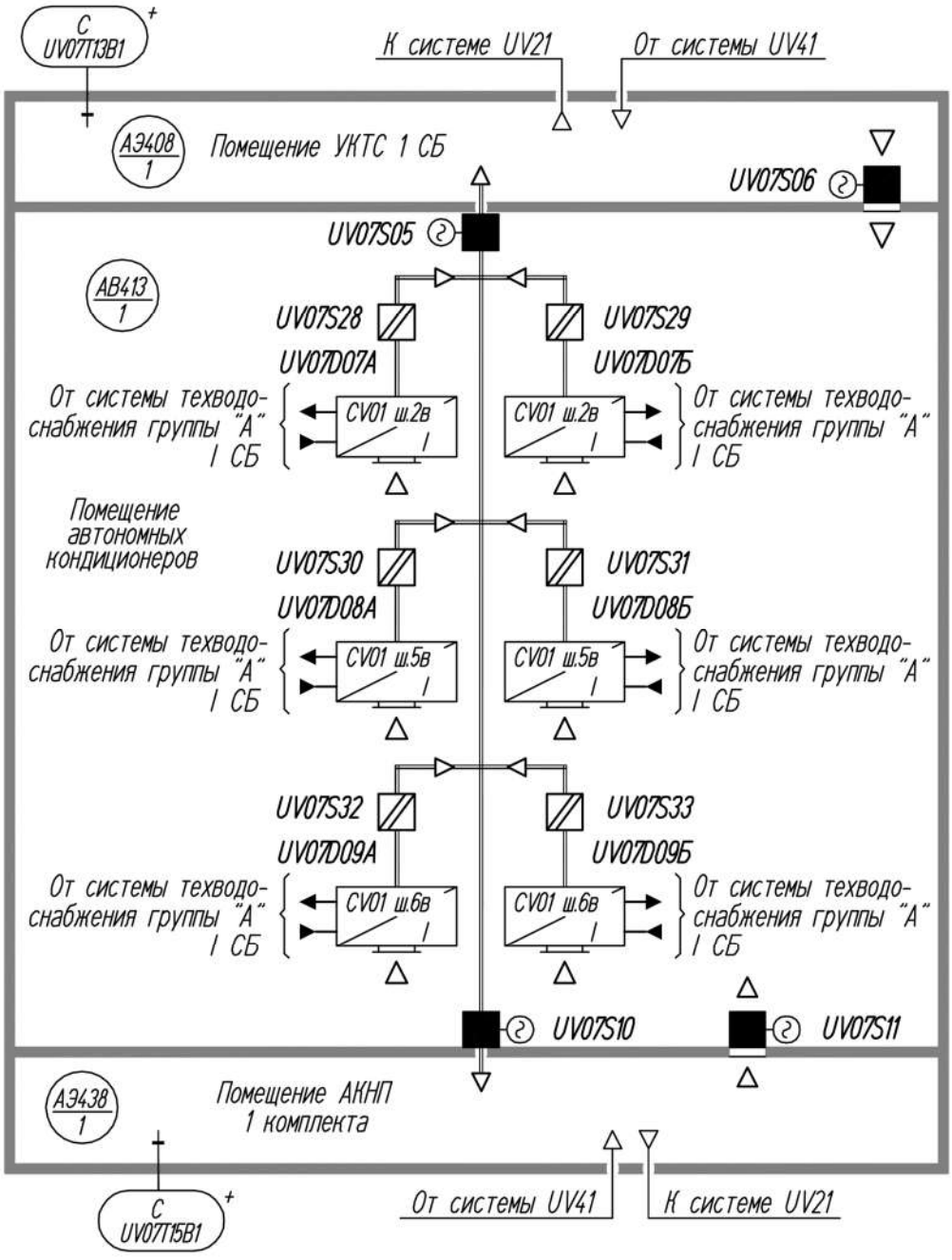


Рисунок 3.17 – Принципиальная схема системы кондиционирования воздуха UV07D07-D09

Фрагменты принципиальных схем остальных систем кондиционирования воздуха показаны в 4.7.2-4.7.12 настоящего пособия.

4 Проектные решения систем вентиляции и кондиционирования воздуха, их доведение до работоспособного состояния и модернизация

4.1 Классификация систем вентиляции и кондиционирования воздуха по нормам и правилам в атомной энергетике

Первый классификатор технологических систем РО по нормам и правилам в атомной энергетике был разработан АЭП в 1990 году.

Далее за разработку классификаторов взялись ХИЭП и КИЭП с принципиально различными концепциями назначения 3 класса безопасности оборудованию и системам вентиляции (в части классификации систем кондиционирования воздуха и назначения 2 класса безопасности локализующей арматуре разногласий не было).

Различия в классификации систем и элементов по концепциям ХИЭП и КИЭП выборочно приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Система, элемент	Классификационное обозначение по [9]		Группа по [133]		Категория сейсмостойкости по [128]	
	ХИЭП	КИЭП	ХИЭП	КИЭП	ХИЭП	КИЭП
Воздухоохладители, подключенные к системе техводоснабжения группы «А»:						
− TL01, TL04, TL05	3НО	3Н	С	-	I	II
− TL06-TL09, TL10, TL13, UV05	3НО	4Н	С	-	I	III
Воздухоохладители систем TL06-TL09, подключенные к системе холодоснабжения от ПЭМ	3Н	4Н	-	-	II	III
Системы охлаждения фундаментной части TL06-TL09 и их оборудование (кроме воздухоохладителей)	3Н	4Н	-	-	II	III
Системы поддержания разрежения в гермооболочке TL22, TL42 и оборудование (кроме локализующей арматуры)	3Н	4Н	-	-	II	III
Системы вентиляции TL23, TL25, TL28, TL29 и оборудование (кроме фильтров аэрозольных и адсорберов угольных)	3Н	4Н	-	-	I	III
Локализующая арматура системы TL27 и систем TL22, TL42 на стенах транспортного коридора	3НЛ	4Н	С	-	I	III
Системы воздухоснабжения пневмокостюмов TL47, TL48 и оборудование (кроме локализующей арматуры)	3Н	4Н	-	-	II	III
Воздуховоды системы UV06 в пределах помещения БПУ	3Н	4Н	-	-	I	III
Клапаны избыточного давления	3Н	4Н	-	-	I	III
Противовзрывные устройства	2Н	4Н	-	-	I	III
Напорные воздуховоды систем TL21-TL30	3Н	4Н	-	-	I	III

В таком виде классификаторы систем Запорожской АЭС, важных для безопасности, действовали с 1994 года по 2007 год, после чего их начали унифицировать с классификаторами, разработанными КИЭП, и действующими на Ровенской АЭС и Хмельницкой АЭС.

В действующей редакции ДМАБ Запорожской АЭС, отнесение систем нормальной эксплуатации к системам, важным для безопасности, определялось по любому из нижеперечисленных принципов:

– отказ элемента (системы) нормальной эксплуатации с наложением одного независимого отказа в системах блока, функционально связанных с данным элементом (системой), приводит к нарушению пределов безопасной эксплуатации;

– отказ элемента (системы) нормальной эксплуатации с наложением независимого единичного отказа в любой системе блока приводит к несанкционированному изменению работы РУ, выражающемуся в действии систем ограничения мощности блока;

– разрушение элемента нормальной эксплуатации приводит к выходу высокоактивных или среднеактивных сред (более 10^{-5} Ки/л) за пределы системы.

Действующая концепция определения класса безопасности для систем вентиляции и кондиционирования воздуха приведена в таблице 4.2.

Таблица 4.2

Назначение систем (элементов)	Классификация систем (элементов)	Класс безопасности по [9]	Классификационное обозначение по [9]	Оперативное обозначение системы или оборудования
Элементы вентсистем (гермоклапаны и воздуховоды от СГО до гермоклапанов, проходки воздуховодов через СГО), предотвращающие выход радиоактивных веществ за пределы гермооболочки	Локализующие элементы безопасности	2	2Л	TL21S10-S15 TL41S03, S04, S07, S08, S11, S12
Вентсистемы, обеспечивающие регламентируемые условия для функционирования систем безопасности при аварийном расхолаживании блока	Обеспечивающие системы безопасности	3	3О	TL10, UV05
Вентсистемы, обеспечивающие регламентируемые условия для функционирования систем, важных для безопасности, при нормальной эксплуатации и аварийном расхолаживании блока	Обеспечивающие системы безопасности, совмещающие функции нормальной эксплуатации	3	3НО	UV01, UV02, UV07, UV09, UV10
Вентсистемы, поддерживающие регламентируемые условия для функционирования систем нормальной эксплуатации, важных для безопасности, в режиме нормальной эксплуатации блока и при нарушении нормальной эксплуатации	Системы нормальной эксплуатации, важные для безопасности	3	3Н	TL01, TL03, TL04, TL05, UV04
Элементы вентсистем, общие для систем безопасности и систем нормальной эксплуатации, важных для безопасности	Элемент обеспечивающей системы безопасности, совмещающей функции нормальной эксплуатации	3	3НО	TL13
Вентсистемы, отказы которых могут привести к нарушениям взрывопожарной безопасности в помещениях источников аварийного электроснабжения (АБ) каналов СБ	Обеспечивающие системы безопасности, совмещающие функции нормальной эксплуатации	3	3НО	UV24, UV25, UV26
Вентсистемы, отказы которых могут привести к нарушениям взрывопожарной безопасности в помещениях источников аварийного электроснабжения (АБ) систем нормальной эксплуатации	Системы нормальной эксплуатации	4	4Н	UV33, UV34

Назначение систем (элементов)	Классификация систем (элементов)	Класс безопасности по [9]	Классифика-ционное обозначение по [9]	Оперативное обозначение системы или оборудования
Системы охлаждения проходок систем, работающих при авариях и нормальной эксплуатации, через СГО в местах пропуска трубопроводов с высокотемпературными средами	Обеспечивающие системы безопасности, совмещающие функции нормальной эксплуатации	3	3НО	UV40
Системы охлаждения проходок систем нормальной эксплуатации через СГО в местах пропуска трубопроводов с высокотемпературными средами	Системы нормальной эксплуатации	4	4Н	TL50
Часть вентсистемы, обеспечивающая радиационную защиту окружающей среды от выхода рабочей среды с активностью $1{,}25 \cdot 10^{-2}$ Ки/л при ликвидации последствий МПА, и с активностью 10^{-5} Ки/л при выходе блока в ППР	Элемент системы нормальной эксплуатации, важной для безопасности	3	3Н	TL21N01-N84
Элементы вентсистем, накапливающие радионуклиды, выход которых в окружающую среду при отказах превышает санитарные нормы	Элемент системы нормальной эксплуатации, важной для безопасности	3	3Н	TL23N01-N44 TL28N01-N14 TL29N01-N04
Вентсистемы, предотвращающие выход радиоактивных веществ за пределы гермооболочки за счет поддержания разрежения в ней	Системы нормальной эксплуатации	4	4Н	TL22, TL42
Вентсистемы, обеспечивающие защиту оперативного персонала в помещениях щитов управления при аварии на АЭС и повышении МЭД	Системы нормальной эксплуатации, важные для безопасности	3	3Н	UV55
Вентсистемы, отказы которых нарушают регламентируемые условия окружающей среды для функционирования систем (элементов) нормальной эксплуатации, но не приводят к проектной аварии	Системы нормальной эксплуатации	4	4Н	TL43, TL45
Вентсистемы, отказы которых приводят к ухудшению радиационной обстановки полуобслуживаемых и обслуживаемых помещениях ЗКД, но при соблюдении принятых организационно-технических мер не приводят к превышению дозы облучения персонала	Системы нормальной эксплуатации	4	4Н	TL02
Вентсистемы, отказы которых не приводят к выходу радиоактивных веществ за пределы гермооболочки	Системы нормальной эксплуатации	4	4Н	TL21D02, D03

Для систем вентиляции и кондиционирования воздуха выполнена классификация электроприводов механизмов и арматуры. Классы электроприводов назначаются из учета влияния их отказов в работе на функциональную работоспособность механизмов и арматуры систем, связанную с обеспечением безопасности.

Концепция отнесения электроприводов к классам безопасности для элементов (механизмов и арматуры) принята следующая:

– к 2 классу безопасности относятся электроприводы элементов систем безопасности 2 класса, выполненные без учета канального принципа построения этих систем;

– к классу 3 безопасности относятся:

  - электроприводы элементов систем безопасности 3 класса;
  - электроприводы элементов систем нормальной эксплуатации, важных для безопасности 3 класса, отказ в работе которых (электроприводов) может привести к нарушению пределов безопасной эксплуатации;

– к 4 классу безопасности относятся электроприводы элементов систем нормальной эксплуатации.

4.2 Системы вентиляции и охлаждения герметичной части

4.2.1 Система охлаждения боксов ПГ и ГЦН TL01 и система охлаждения центрального зала TL04

Рециркуляционные системы охлаждения предназначены для снятия теплопоступлений от технологического оборудования и трубопроводов в боксах парогенераторов и ГЦН, боксе компенсатора объема, помещении гидроемкостей, вентильных камерах и других помещений герметичной оболочки. Расчетные теплопоступления от технологического оборудования и трубопроводов составляют 2,48 МВт при температуре воздуха в гермооболочке не более 60 °С в режиме нормальной эксплуатации и не более 75 °С при нарушении теплоотвода из гермооболочки в период обесточения.

Объемный расход воздуха одной вентиляторной установки систем охлаждения TL01 и TL04 принят 60 000 $м^3$/ч, в работе, согласно проекту, должны находиться три вентиляторных установки системы охлаждения TL01 (три в резерве) и одна вентиляторная установка системы охлаждения TL04 (две в резерве).

При этом каждая вентиляторная установка включает в себя:

– агрегат вентиляторный;

– клапан воздушный комбинированный запорно-обратный;

– две последовательно установленные группы воздухоохладителей.

В состав каждого канала СБ входят две вентиляторные установки системы TL01 и одна вентиляторная установка системы TL04.

Электроснабжение электродвигателей вентиляторов и электроприводов клапанов осуществляется от рабочих и резервных трансформаторов собственных нужд соответствующих каналов СБ системы надежного питания при нормальной эксплуатации блока или дизель-генераторов САЭ – при обесточении.

На первые группы воздухоохладителей постоянно подается техническая вода ответственных потребителей (группы «А») соответствующего канала СБ, на вторые группы воздухоохладителей – рабочая вода от ПЭМ UX11H01 (на воздухоохладители работающих вентиляторных установок при нормальной эксплуатации блока в теплый период года).

Фрагменты принципиальных схем систем охлаждения TL01 и TL04 показаны:

– на рис. 4.1 – в соответствии с принципиальной схемой, входящей в состав рабочей документации (раздел ОВ, комплект принципиальных схем);

– на рис. 4.2 – в соответствии с принципиальной схемой, разработанной на основании рабочей документации (раздел ОВ, комплект аксонометрических схем).

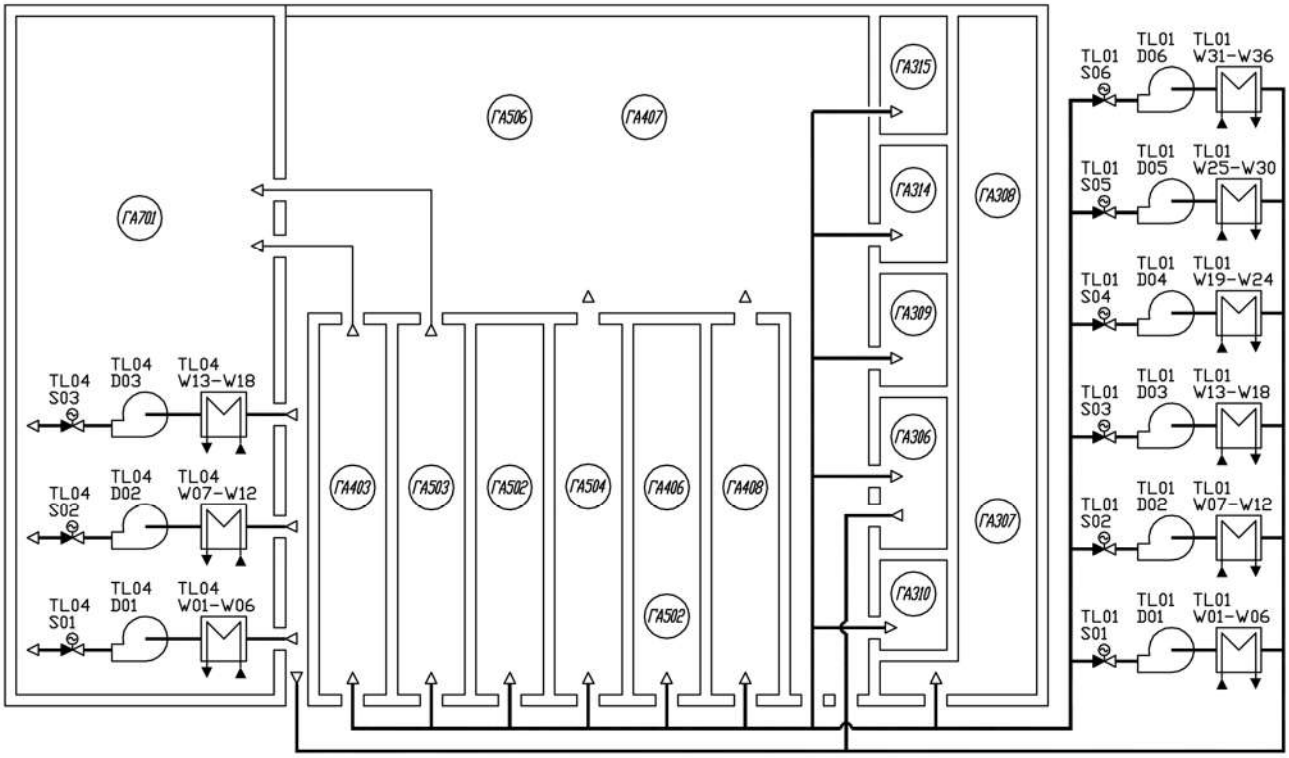


Рисунок 4.1 – Фрагмент принципиальной схемы систем охлаждения TL01 и TL04 (согласно разделу ОВ, комплекту принципиальных схем)

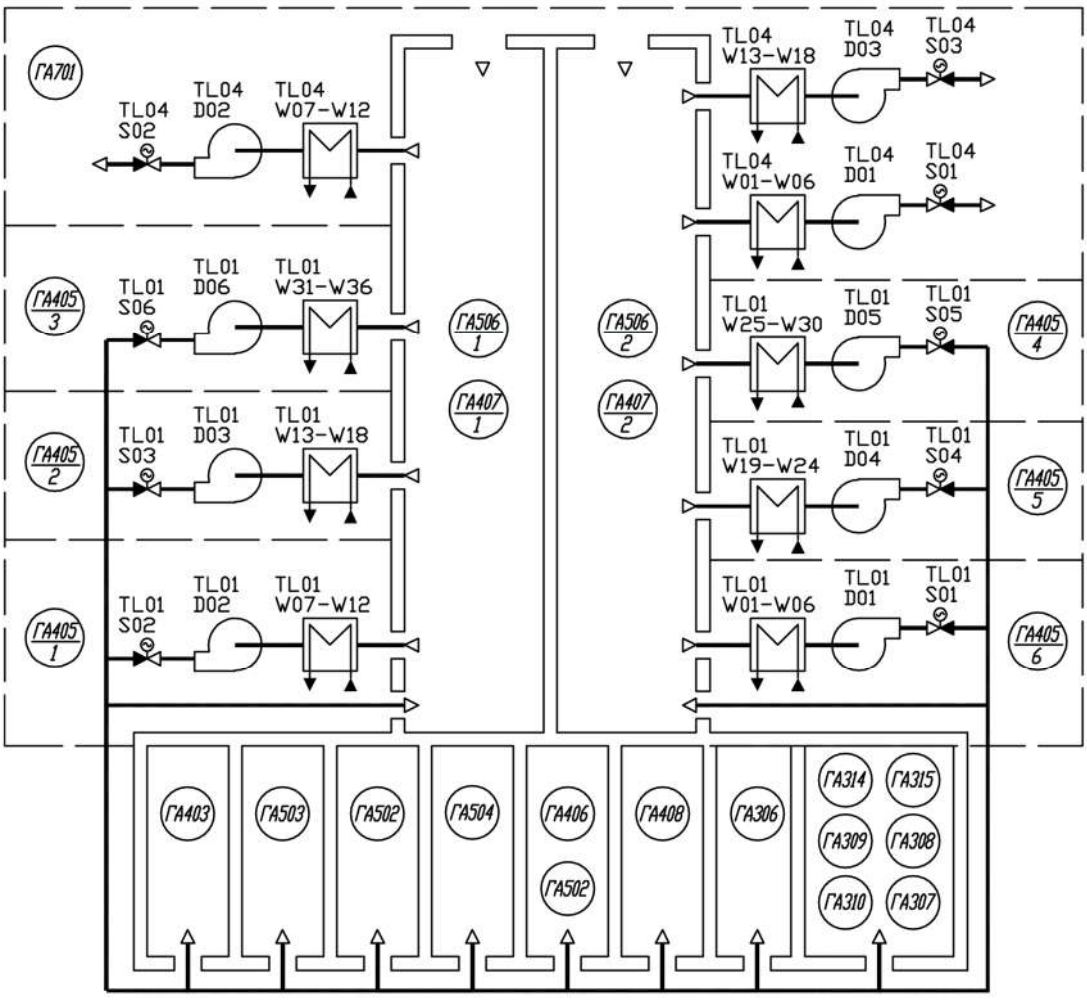


Рисунок 4.2 – Фрагмент принципиальной схемы систем охлаждения TL01 и TL04 (согласно разделу ОВ, комплекту аксонометрических схем)

Обратите внимание, что на схеме по рис. 4.1:

– боксы ПГ ГА407/1, ГА506/1 и ГА407/2, ГА506/2 не разделены;

– показан несуществующий коллектор перед воздухоохладителями системы TL01.

Схема по рис. 4.1 ошибочно показывает оперативному персоналу, что вентиляторы систем охлаждения TL01 и TL04 могут работать в любой комбинации, лишь бы было обеспечено проектное количество работающих вентиляторов.

Обратите внимание, что на схеме по рис. 4.2:

– боксы ПГ ГА407/1, ГА506/1 и ГА407/2, ГА506/2 разделены, что соответствует компоновке герметичной части;

– из каждого бокса ПГ ГА407/1, ГА506/1 и ГА407/2, ГА506/2 удаляет воздух по три вентилятора системы охлаждения TL01, подключенные к разным каналам СБ;

– из бокса ПГ ГА407/1, ГА506/1 удаляет воздух один вентилятор системы охлаждения TL04, из бокса ПГ ГА407/2, ГА506/2 – два вентилятора системы охлаждения TL04, общих элементов у системы TL04 нет, т.е. она фактически состоит из трех независимых подсистем;

– в боксы ПГ подается часть воздуха от системы охлаждения TL01, через проемы в стенах боксов возможен переток воздуха из центрального зала ГА701.

Таким образом, оперативный персонал должен обеспечить такой режим работы систем охлаждения TL01 и TL04, чтобы из каждого бокса ПГ удаляли воздух по два вентилятора, не имеет значения, какой системы охлаждения.

Рассмотрим работу систем охлаждения TL01 и TL04 в режиме нормальной эксплуатации, показанный на рис. 4.3 (работающие вентиляторы выделены синим цветом).

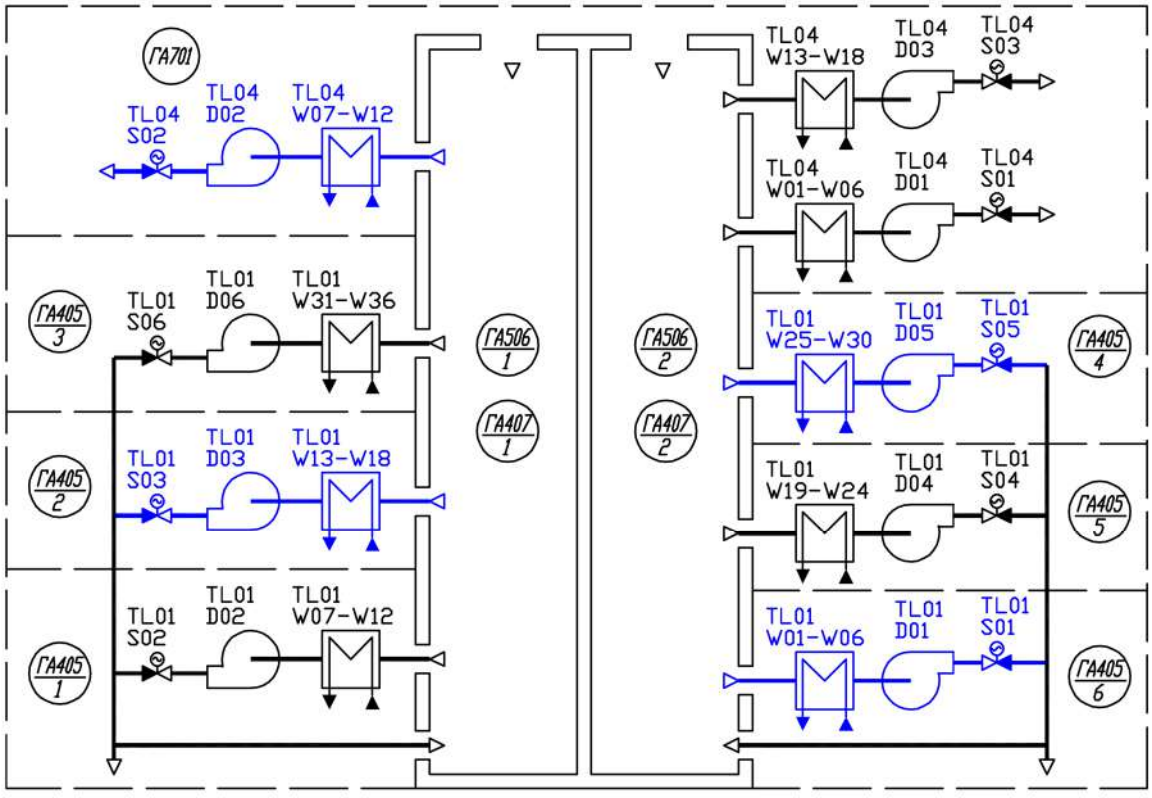


Рисунок 4.3 – Работа систем охлаждения TL01 и TL04 до срабатывания АВР

Из рис. 4.3 видно, что из каждого бокса ПГ удаляют воздух два вентилятора систем охлаждения TL01 и TL04.

Предположим, что произошло аварийное отключение вентилятора TL01D03, по блокировке АВР включился вентилятор TL01D04, результаты показаны на рис. 4.4.

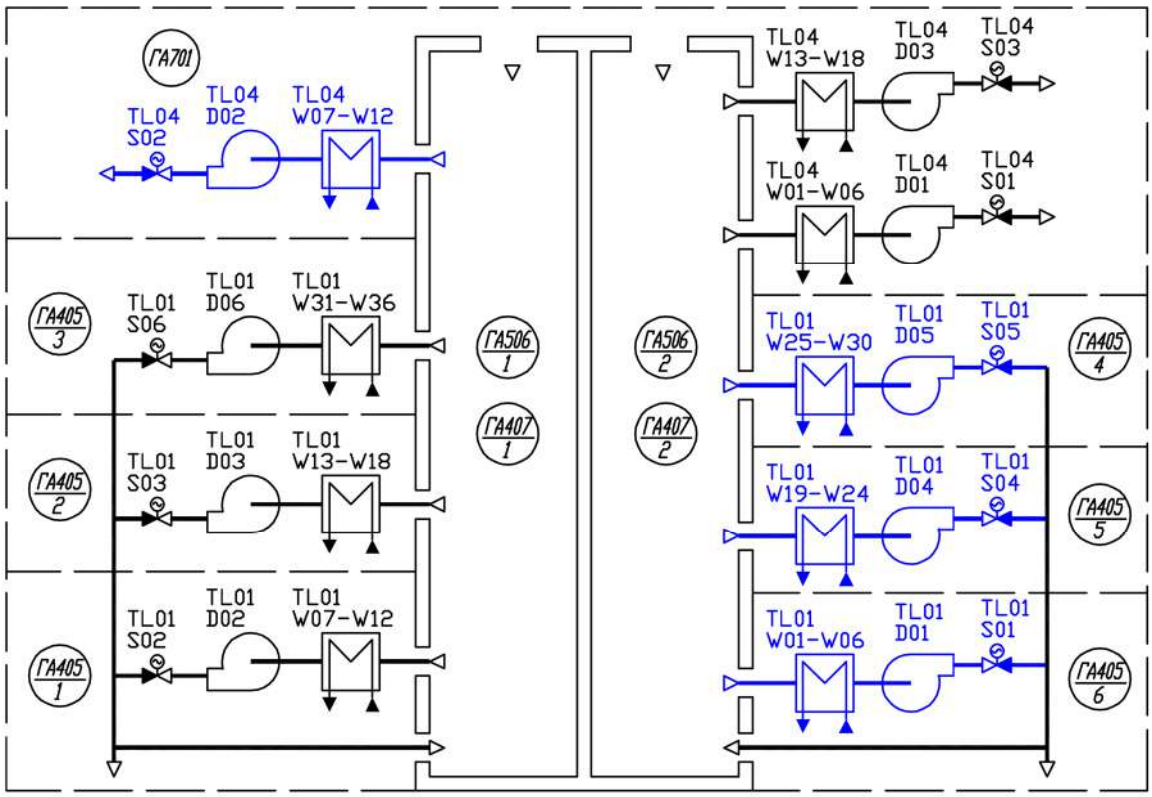


Рисунок 4.4 – Работа систем охлаждения TL01 и TL04 после срабатывания АВР

Из рис. 4.4 видно, что:

– из бокса ПГ ГА407/1, ГА506/1 будет удалять воздух один вентилятор;

– из бокса ПГ ГА407/2, ГА506/2 будет удалять воздух три вентилятора.

В боксе ПГ ГА407/1, ГА506/1 из-за недостаточного расхода воздуха повысится температура воздуха и оперативному персоналу придется вручную выполнять переключения для возврата к исходному количеству вентиляторов, удаляющих воздух из каждого бокса ПГ.

В инструкции по эксплуатации систем вентиляции и охлаждения герметичной части приведены два варианта сочетания работающих вентиляторов систем TL01 и TL04 согласно таблице 4.3.

Таблица 4.3

Вариант	Обозначение работающих вентиляторов систем	
	TL01	TL04
I	TL01D01, D03, D05	TL04D02, D01 (D03)
II	TL01D02, D04, D06	TL04D02, D03 (D01)

Для систем охлаждения TL01 и TL04 по первоначальной рабочей документации было применено оборудование, указанное в таблице 4.4.

Таблица 4.4

Тип оборудования	Блок № 1	Блок № 2	Блок № 3	Блок № 4	Блок № 5	Блок № 6
Вентиляторы	Вентилятор дутьевой ВДНА-15 с электродвигателем АО3-355-S6Т3		Вентагрегат сейсмостойкий ВДНА-нж-15с с электродвигателем 4А315S6У3		Вентагрегат сейсмостойкий ВДНА-нж-15с с электродвигателем 4А315S6А5	
Воздухоохладители	ВО-194/2510-61-н-УХЛ4		ВУП-16×6-2500		ВО-194/2510-61-н-УХЛ4	

Тип оборудования	Блок № 1	Блок № 2	Блок № 3	Блок № 4	Блок № 5	Блок № 6
Клапаны воздушные комбинированные запорно-обратные	Dy 1200 Py 0,05 фирмы Th. Jansen			Dy 1200 Py 2,5 К99074-1200-01		

В настоящее время заменены электродвигатели на вентиляторах систем охлаждения TL01, TL04 (см. 8.1.3.4 настоящего пособия), заменены воздухоохладители на части блоков Запорожской АЭС (см. 8.2.3 настоящего пособия).

Техническими распоряжениями с электроприводной арматуры на системе подачи рабочей воды от ПЭМ UX11H01 на соответствующие воздухоохладители сняты блокировки, арматура открыта постоянно. В концептуальном решении на замену воздухоохладителей такой режим рассчитан (см. 8.2.3 настоящего пособия).

Клапаны воздушные комбинированные запорно-обратные на системе TL04 являются лишними (см. 3.2 настоящего пособия), но их исключение из состава данной системы потребует таких изменений в схемах управления и контроля, которые в настоящее время Запорожской АЭС не по силам.

4.2.2 Система очистки воздуха герметичных помещений TL02

Система очистки воздуха герметичных помещений TL02 предназначена для очистки воздуха от радиоактивных загрязнений и поддержания активности воздуха не более величины проектного значения в помещениях обслуживания электродвигателей ГЦН, бокса парогенераторов и центрального зала.

Система очистки воздуха TL02 состоит из двух независимых вентиляционных установок, каждая из них включает в себя:

- агрегат вентиляторный;
- клапан воздушный комбинированный запорно-обратный;
- фильтры аэрозольные;
- воздухонагреватель;
- адсорберы угольные.

Система очистки воздуха TL02 забирает воздух из помещения центрального зала, воздух проходит через аэрозольные фильтры, воздухонагреватель, адсорберы угольные, далее воздух вентиляторами подается в помещение центрального зала ГА701.

Для системы очистки воздуха TL02 по первоначальной рабочей документации было применено оборудование, указанное в таблице 4.5.

Таблица 4.5

Тип оборудования	Блок № 1	Блок № 2	Блок № 3	Блок № 4	Блок № 5	Блок № 6
Вентиляторы	Вентилятор мельничный ВМА-15 с электродвигателем АО3-315-S6Т3		Вентагрегат сейсмостойкий ВДНА-нж-15с с электродвигателем 4А315S6У3		Вентагрегат сейсмостойкий ВДНА-нж-15с с электродвигателем 4А315S6А5	
Фильтры аэрозольные	ФРА-95-10М					
Адсорберы угольные	АУ-1500			АУИ-1500-1		
Воздухонагреватели	КВС-11п					
Клапаны воздушные комбинированные запорно-обратные	Dy 1000 Py 0,05 фирмы Th. Jansen			Dy 1000 Pp 2,5 К99074-1000		

В настоящее время электродвигатели на вентиляторах системы очистки воздуха TL02 заменены (см. 8.1.1 настоящего пособия).

На воздухонагреватели работающей системы TL02 по проекту должна подаваться горячая вода от системы горячего водоснабжения UT31 при относительной влажности воздуха перед адсорберами угольными более 80% и прекращаться подача горячей воды при значении данного параметра менее 60%.

Но система горячего водоснабжения UT31 оказалась неработоспособной (см. 6.10 настоящего пособия).

Воздухонагреватели и СИ для измерения относительной влажности воздуха были включены в рабочую документацию на основании требований [148], по которым относительная влажность воздуха перед адсорберами угольными должна быть не более 70%.

Для обоснования отсутствия необходимости в указанных воздухонагревателях и СИ использованы результаты регистрации температуры и относительной влажности воздуха в помещениях гермооболочки в течение года, приведенные в приложении И.

Кроме этого, СИ для измерения относительной влажности воздуха перед адсорберами угольными выработали ресурс, не прошли периодическую калибровку и были демонтированы.

В ТУ на адсорберы угольные производства ОП АЭМ указана предельно допустимая относительная влажность воздуха на входе – не более 90%.

Таким образом, воздухонагреватели на системе очистки воздуха TL02 и система горячего водоснабжения UT31 являются лишними. Клапаны воздушные комбинированные запорно-обратные на системе TL02 также являются лишними (см. 3.2 настоящего пособия). Но исключение указанного оборудования потребует таких изменений в схемах управления и контроля, которые в настоящее время Запорожской АЭС не по силам.

4.2.3 Система охлаждения приводов СУЗ TL03

Система охлаждения TL03 предназначена для охлаждения приводов СУЗ и удаления тепла из верхнего блока реактора. Вентилятор создает разрежение в коллекторе ВБ, воздух из центрального зала за счет него проходит через чехлы СУЗ, охлаждается и сбрасывается в боксы ПГ.

На каждом реакторе установлен 61 привод СУЗ, установлены требования ОКБ ГП к системе охлаждения приводов СУЗ:

- температура воздуха, подаваемого на приводы СУЗ – не более 60 °С;
- расход воздуха через один привод СУЗ – 400^{+50} м^3/ч.

Проектный расход воздуха системы TL03 назначен 27 700 м^3/ч, его должно было хватить для выполнения требований ОКБ ГП.

Однако при выполнении ПНР на системе охлаждения TL03 блока № 1 обнаружено, что через многочисленные технологические зазоры внутрь ВБ подсасывается воздух в количестве примерно 30% от расхода воздуха вентилятора, при этом регламентируемый расход воздуха через приводы СУЗ не обеспечивается.

Сотрудники ЦКТИ составили множество отчетов о ПНР системы охлаждения приводов СУЗ и выдали рекомендации по доработке конструкции ВБ, но добиться регламентируемого расхода воздуха через приводы СУЗ при работе одного вентилятора системы TL03 так и не удалось (кроме блока № 6, на котором была достигнута нижняя граница проектного расхода воздуха). Таким образом, на всех блоках Запорожской АЭС при температуре I контура более 70 °С в работу вводятся два вентилятора системы охлаждения TL03.

Система охлаждения TL03 подключена тремя воздуховодами к закладной детали ГП-19, выполненной в толще бетона шахты реактора. Между ВБ и закладной деталью ГП-19 устанавливаются 6 съемных патрубков, выполненных по чертежу ГРП, т.к. данные изделия не были предусмотрены в рабочей документации ни ОКБ ГП, ни АТЭП.

В ППР блока съемные патрубки снимаются, на закладные детали устанавливаются заглушки. Для предотвращения затопления воздуховодов системы TL03 водой из ВБ в нижней части воздуховодов выполнены дренажные патрубки.

Съемные патрубки между ВБ и закладной деталью ГП-19 показаны на рис. 4.5 (выделены красными окружностями).

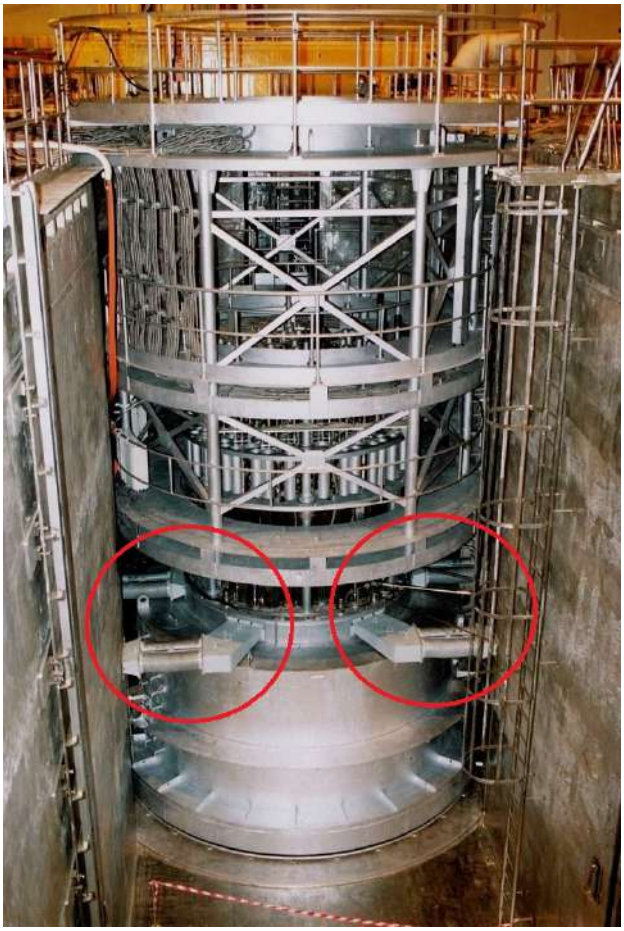


Рисунок 4.5 – Съемные патрубки между ВБ и закладными деталями ГП-19

Для предотвращения попадания конденсата из корпусов вентиляторов на технологическое оборудование на воздуховодах, подающих воздух в боксы ПГ, были смонтированы поддоны, дренажные трубопроводы из них выведены в трапы спецканализации.

Система охлаждения TL03 состоит из трех вентиляторных установок, каждая из них включает в себя:

- агрегат вентиляторный;
- клапан воздушный комбинированный запорно-обратный;
- три воздухоохладителя.

Электроснабжение электродвигателей вентиляторов и электроприводов клапанов осуществляется от рабочих и резервных трансформаторов собственных нужд блока.

На воздухоохладители работающих вентиляторных установок подается техническая вода группы «В».

В связи с работой двух вентиляторов системы охлаждения TL03 фактический расход технической воды группы «В» на каждую группу воздухоохладителей менее проектного значения, на все воздухоохладители – более проектного значения.

Для системы охлаждения TL03 по первоначальной рабочей документации было применено оборудование, указанное в таблице 4.6.

Таблица 4.6

Тип оборудования	Блок № 1	Блок № 2	Блок № 3	Блок № 4	Блок № 5	Блок № 6
Вентиляторы	Вентилятор мельничный ВМА-15 с электродвигателем АО3-315-S6Т3		Вентагрегат сейсмостойкий ВДНА-нж-15с с электродвигателем 4А315S6У3		Вентагрегат сейсмостойкий ВДНА-нж-15с с электродвигателем 4А315S6А5	
Воздухоохладители	ВО-194/2510-61-н-УХЛ4		ВУП-16×6-2500		ВО-194/2510-61-н-УХЛ4	
Клапаны воздушные комбинированные запорно-обратные	Dy 1000 Ру 0,05 фирмы Th. Jansen			Dy 1000 Рр 2,5 К99074-1000		

Конструктивные недоработки оборудования системы охлаждения TL03 те же, что и оборудования систем охлаждения TL01 и TL04.

В настоящее время электродвигатели на вентиляторах системы охлаждения TL03 заменены (см. 8.1.1 настоящего пособия), заменены воздухоохладители на части блоков Запорожской АЭС (см. 8.2.3 настоящего пособия).

4.2.4 Система охлаждения шахты реактора TL05

Система охлаждения шахты реактора TL05 предназначена для охлаждения бетонного объема (пол шахты, консоль) и «сухой» защиты шахты аппарата при нормальной эксплуатации блока, при нарушении условий нормальной эксплуатации и при авариях, т.е. подачи воздуха с температурой (15-45) °С:

- в центр пола – 18 000 м^3/ч;
- под дверь помещения машины – 2000 м^3/ч;
- под «сухую» защиту – 10 000 м^3/ч;
- в бетонную консоль – 8000 м^3/ч.

Объемный расход воздуха системы охлаждения TL05 принят 38 000 м^3/ч, в работе должна находиться одна вентиляторная установка (две в резерве).

При этом каждая вентиляторная установка включает в себя:

- агрегат вентиляторный;
- клапан воздушный комбинированный запорно-обратный;
- две последовательно установленные группы воздухоохладителей.

В состав каждого канала СБ входит одна вентиляторная установка.

Система TL05 забирает воздух на отм. 13,700, воздух проходит через воздухоохладители, охлаждается, накопившаяся в воздухе влага конденсируется на поверхности воздухоохладителей, далее воздух вентиляторами подается во внутренние каналы шахты, охлаждает ее и перепускается в боксы парогенераторов. Неработающие вентиляторы системы TL05 отсекаются клапанами воздушными комбинированными запорно-обратными.

Электроснабжение электродвигателей вентиляторов и электроприводов клапанов осуществляется от рабочих и резервных трансформаторов собственных нужд соответствующих каналов СБ системы надежного питания при нормальной эксплуатации блока или дизель-генераторов САЭ – при обесточении.

На первые группы воздухоохладителей постоянно подается техническая вода ответственных потребителей (группы «А») соответствующего канала СБ, на вторые группы воздухоохладителей – рабочая вода от ПЭМ UX11H01 (на воздухоохладители работающих вентиляторных установок при нормальной эксплуатации блока в теплый период года).

Для системы охлаждения TL05 по первоначальной рабочей документации было применено оборудование, указанное в таблице 4.7.

Таблица 4.7

Тип оборудования	Блок № 1	Блок № 2	Блок № 3	Блок № 4	Блок № 5	Блок № 6
Вентиляторы	Вентилятор дутьевой ВДНА-15 с электродвигателем АО3-355-S6Т3		Вентагрегат сейсмостойкий ВДНА-нж-15с с электродвигателем 4А315S6У3		Вентагрегат сейсмостойкий ВДНА-нж-15с с электродвигателем 4А315S6А5	
Воздухоохладители	ВО-194/2510-61-н-УХЛ4		ВУП-16×6-2500		ВО-194/2510-61-н-УХЛ4	
Клапаны воздушные комбинированные запорно-обратные	Dy 1000 Ру 0,05 фирмы Th. Jansen			Dy 1000 Ру 2,5 К99074-1000		

Конструктивные недоработки оборудования системы охлаждения TL05 те же, что и оборудования систем охлаждения TL01 и TL04.

В настоящее время заменены электродвигатели на вентиляторах системы охлаждения TL05 (см. 8.1.1 настоящего пособия), заменены воздухоохладители на части блоков Запорожской АЭС (см. 8.2.3 настоящего пособия).

Техническими распоряжениями с электроприводной арматуры на системе подачи рабочей воды от ПЭМ UX11H01 на соответствующие воздухоохладители сняты блокировки, арматура открыта постоянно. В концептуальном решении на замену воздухоохладителей такой режим предусмотрен (см. 8.2.3 настоящего пособия).

4.2.5 Система поддержания разрежения в гермооболочке TL22, TL42

Системы поддержания разрежения в гермооболочке предназначены для:

– поддержания разрежения под оболочкой в период эксплуатации блока;

– обеспечения минимального воздухообмена по наружному воздуху из расчета среднегодовой допустимой концентрации ИРГ в воздухе под оболочкой;

– удаления водорода из гермооболочки;

– на блоках № 1-4 – поддержания разрежения в транспортном коридоре в период работы с топливом на остановленном блоке.

Функцией системы является:

– удаление системой TL22 воздуха из гермозоны и очистка его от радионуклидов (аэрозоли, йод) с последующим выбросом его в атмосферу через венттрубу;

– компенсация системой TL42 удаляемого воздуха в пределах, обеспечивающих поддержание нормированного разрежения под оболочкой (10-30) кгс/м^2 или (100-300) Па.

Для системы поддержания разрежения в гермооболочке TL22, TL42 по первоначальной рабочей документации было применено оборудование, указанное в таблице 4.8.

Таблица 4.8

Тип оборудования	Блок № 1	Блок № 2	Блок № 3	Блок № 4	Блок № 5	Блок № 6
Вентиляторы	Центробежный вентилятор 63/40 ЦСУ-44В с электродвигателем АО2-62-2М					
Клапаны герметичные вентиляционные	Dy 400 Ру 0,05 ИА01017-400			Dy 400 Ру 0,05 DE01-400		
Клапаны локализующие	Согласно таблице 8.9					

Тип оборудования	Блок № 1	Блок № 2	Блок № 3	Блок № 4	Блок № 5	Блок № 6
Клапаны герметичные в транспортном коридоре	Клапаны герметичные Dy 400 Py 5,0 фирмы Th. Jansen		Клапаны герметичные Dy 400 Py 5,0 КО1020-400		–	
Фильтры аэрозольные на системе TL22	ФАРТОС Ц-500					
Адсорберы угольные на системе TL22	АУ-1500			АУИ-1500-1		
Фильтры грубой очистки на системе TL22	–		ПФ-1,0	–		
Фильтры аэрозольные на системе TL42	Фильтрэлемент А-17 (Д-23кл, Ф-23, ФАП-3400) в корпусе Ду350					

Проектного расхода воздуха системы TL22 (3000 м^3/ч) при ПНР добиться не удалось, в эксплуатационной документации было принято значение расхода воздуха указанной системы 2400 м^3/ч.

Для возможности проведения локальных испытаний локализующей арматуры TL22S07-S09 и TL42S01-S03 на герметичность по чертежу ГРП выполнен монтаж дополнительных трубопроводов и арматуры TL22S13, S14 и TL42S07, S08 соответственно.

В 1992 году на блоке № 1 произошло локальное возгорание промасленной тепловой изоляции на трубопроводе запирающей воды в гермооболочке, за несколько часов сажа осела поочередно на поверхности всех 18 фильтрэлементов ФАРТОС-Ц-500 системы TL22. Фильтрэлементы не поддавались промывке всеми доступными средствами и были заменены новыми фильтрэлементами, снятыми с блока № 6.

По результатам расследования отклонения было принято решение об установке перед фильтрами ФАРТОС Ц-500 фильтров грубой очистки ПФ-1,0 (фильтрующих элементов из материала ФРНК-ПГ в корпусах Ду350), но реализовано оно было только на блоке № 3.

Промывка фильтрэлементов фильтров аэрозольных ФАРТОС Ц-500 проводилась дистиллятом, шлам сливался на пол помещений АВ714/1-3. После того, как средствами дозиметрического контроля была обнаружена повышенная мощность гамма-излучения от шлама, по чертежу ГРП была смонтирована дренажная система от сливных патрубков фильтров аэрозольных с врезкой в трапы спецканализации.

По первоначальной рабочей документации предполагалось поддерживать нормируемое разрежение в гермооболочке автоматически (см. 4.9.8 настоящего пособия).

Но эта схема оказалась неработоспособной, поэтому регулирование разрежения в гермооболочке производится вручную, а именно, ручным дублером локализующая арматура TL42S02 выставлялась в промежуточное положение.

На блоке № 6 была выполнена модернизация системы поддержания разрежения в гермооболочке (см. рис. 4.6):

– на коллектор системы TL42 после фильтров аэрозольных установлен клапан избыточного давления КИД-250;

– на патрубки корпусов Ду350 установлены диафрагмы.

В режиме нормальной эксплуатации КИД должен поддерживать разрежение в коллекторе 150 Па при расходе воздуха 2400 м^3/ч, диафрагмы рассчитаны на поддержание разрежения в коллекторе не более 300 Па при заклинивании КИД в закрытом положении.

При избыточном давлении среды в гермооболочке в результате аварии КИД закрывается, а фильтры аэрозольные очищают выходящую из гермооболочки среду от аэрозолей за время закрытия локализующей арматуры.

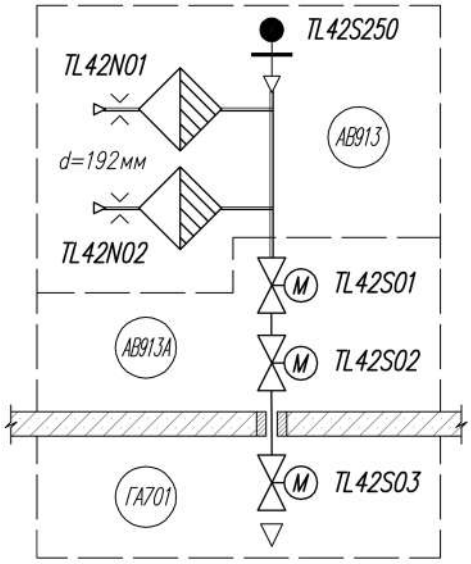


Рисунок 4.6 – Схема установки КИД для регулирования разрежения в гермооболочке блока № 6 Запорожской АЭС

Система поддержания разрежения в гермооболочке блока № 6 успешно прошла опытную эксплуатацию, возможно распространение настоящей модификации на другие блоки Запорожской АЭС.

4.2.6 Системы охлаждения проходок UV40, TL50

Рециркуляционные системы охлаждения UV40, TL50 предназначены для воздушного охлаждения бетона в месте установки проходок главных паропроводов, питательной воды и системы продувки парогенераторов.

Функцией систем является подача воздуха с температурой не более 40 °С в технологические проходки, предельная температура удаляемого из проходок воздуха должна быть не более 85 °С.

Системы охлаждения проходок UV40D01-D03 и UV40D04-D06 забирают воздух из помещений А910/1, 2 соответственно, нагретый воздух из проходок сбрасывается в них же.

По первоначальной рабочей документации воздух должен был забираться системами UV40D01-D03 и UV40D04-D06 на отм. 38,000 из помещений А910/1, 2 соответственно и подводиться к входным патрубкам вентиляторов воздуховодами. По чертежу ГРП указанные воздуховоды были аннулированы, на входных патрубках вентиляторов установлены сетки.

Системы UV40, TL50 показаны на принципиальных схемах систем вентиляции и охлаждения герметичной части (см. приложение Е настоящего пособия).

4.3 Ремонтно-аварийные системы вентиляции гермооболочки

4.3.1 Ремонтно-аварийная вытяжная система вентиляции гермооболочки TL21

Ремонтно-аварийная система вентиляции предназначена для:

– защиты атмосферного воздуха от аэрозолей и йода, поступивших в воздух гермозоны при авариях до МПА включительно (в послеаварийный период);

– обеспечение воздухообмена под оболочкой при перегрузке топлива и ППР.

Функцией системы является:

– локализация радиоактивных загрязнений под оболочкой в режиме нормальной эксплуатации, при нарушениях нормальной эксплуатации и авариях до МПА включительно;

– локализация радиоактивных загрязнений в зоне их выделения (зеркало бассейна выдержки, шахты реактора и ВКУ) при перегрузке топлива;

– очистка воздуха в гермооболочке от аэрозолей и йода при неработоспособности системы очистки воздуха TL02;

– удаление после очистки воздуха из гермооболочки с остаточными радионуклидами в атмосферу через венттрубу высотой 100 м от планировочной отметки земли.

Вытяжная система вентиляции гермооболочки TL21 состоит из 3-х подсистем:

– ремонтно-аварийной вытяжной подсистемы TL21D01;

– вытяжной подсистемы от мойки КГО, бассейна выдержки и перегрузки топлива, колодца для контейнеров свежего и отработанного топлива TL21D02;

– вытяжной подсистемы от шахт ВКУ и шахты реактора TL21D03.

Система TL21 показана на принципиальных схемах систем вентиляции и охлаждения герметичной части (см. 3.2 настоящего пособия).

Система TL21D01 в ППР блока через воздуховоды системы TL01 и заслонки воздушные с ручным приводом TL01S07, S08 должна удалять воздух из боксов ПГ ГА407/1, 2 и вентильных камер ГА306/1, 3. Но арматура TL01S07, S08 установлена в труднодоступных местах, по этой причине открыта постоянно.

Рабочей документацией предусмотрено создание воздушных завес над открытой водной поверхностью бассейнов и шахты реактора:

– над БВ – системами TL21D02 и TL49D01;

– над БМП – системами TL21D03 и TL49D02.

Обратите внимание на то, что удаляемый вентилятором TL21D02 и/или TL21D03 воздух не очищается на фильтрах, включение указанных вентиляторов с созданием воздушных завес может производиться только с разрешения НСЦ АЭС (ЦРБ). В связи с возможным превышением КУ газоаэрозольных выбросов в венттрубу (см. 4.9.10 настоящего пособия) при вводе в работу вентиляторов TL21D02, D03 получить разрешение НСЦ АЭС (ЦРБ) на ввод их в работу достаточно сложно.

Для возможности проведения локальных испытаний локализующей арматуры TL21S10-S15 на герметичность по чертежу ГРП выполнен монтаж дополнительных трубопроводов и арматуры TL21S19-S24.

В зависимости от объемной активности воздуха в гермооболочке система TL21D01 может работать в трех режимах согласно таблице 4.9.

Таблица 4.9

Режим работы	Объемная активность воздуха в гермооболочке	Состояние клапанов герметичных	
		открыто	закрыто
Рециркуляция с очисткой воздуха на фильтрах аэрозольных и адсорберах угольных	более 140 Бк/м^3 ($4\cdot10^{-12}$ Ки/л) по йодам и/или более 50 Бк/м^3 ($1\cdot10^{-12}$ Ки/л) по аэрозолям	TL21S03, S07, S09	TL21S02, S08
Выброс воздуха в венттрубу № 2 с очисткой на фильтрах аэрозольных и адсорберах угольных	от 60 Бк/м^3 до 140 Бк/м^3 (от $2\cdot10^{-12}$ Ки/л до $4\cdot10^{-12}$ Ки/л) по йодам и/или от 20 Бк/м^3 до 50 Бк/м^3 (от $5\cdot10^{-13}$ Ки/л до $1\cdot10^{-12}$ Ки/л) по аэрозолям	TL21S02, S07, S09	TL21S03, S08
Выброс воздуха в венттрубу № 2 без очистки	менее 60 Бк/м^3 ($2\cdot10^{-12}$ Ки/л) по йодам и менее 20 Бк/м^3 ($5\cdot10^{-13}$ Ки/л) по аэрозолям	TL21S02, S08	TL21S03, S07, S09

Наглядно работа системы TL21D01 в разных режимах (с выделением работающих вентиляторов, открытых клапанов герметичных и используемых воздуховодов цветом) показана в 5.3, 5.6 настоящего пособия.

4.3.2 Приточная система вентиляции гермооболочки TL41

Приточная система вентиляции гермооболочки TL41 предназначена для компенсации расхода воздуха, удаляемого системой вытяжной вентиляции TL21.

Система TL41 показана на принципиальных схемах систем вентиляции и охлаждения герметичной части (см. 3.2 настоящего пособия).

Для возможности проведения локальных испытаний локализующей арматуры TL41S03, S04, S07, S08, S11, S12 на герметичность по чертежу ГРП выполнен монтаж дополнительных трубопроводов и арматуры TL41S16-S21.

На воздуховодах системы TL41, пересекающих стены приточных вентцентров AB911/1, 2 блоков № 1-4, в рамках мероприятия по повышению пожарной безопасности установлены клапаны противопожарные нормально открытые.

Включение вентиляторов приточной системы TL41 возможно только при условии:

– TL41D01 – работы вентилятора TL21D01;
– TL41D02 – одновременной работы вентилятора TL21D02 и TL21D03;
– TL41D03 – работы вентилятора TL21D02 или TL21D03.

Подача воздуха от вентилятора TL41D01 производится в напорный коллектор системы охлаждения TL01, из которого подается в боксы и помещения гермооболочки.

Для подачи воздуха от вентиляторов TL41D02 и TL41D03 выше отм. 36,900 первоначальной рабочей документацией предусмотрен кольцевой воздуховод (900х1900) мм с отметкой низа +40,700. Так как указанный воздуховод мешает ремонту технологического оборудования, в рабочей документации записано, что следует выполнить его со съемными участками.

Но съемные участки воздуховода, смонтированного на расстоянии 100 мм от внутренней облицовки гермооболочки выполнить крайне сложно, снять и установить участки воздуховодов еще можно, но уплотнить уже нельзя.

На блоках № 1-3 кольцевой воздуховод был смонтирован, но участки, мешающие ремонту технологического оборудования, сняты и на место не установлены. При работе вентиляторов TL41D02 и/или TL41D03 воздух подается по касательной к внутренней облицовке гермооболочки.

На блоках № 4-6 по чертежу ГРП указанный кольцевой воздуховод не монтировался, на герметичные проходки ОВГ-85 и ОВГ-87 установлены коллекторы с двумя эжекционными воздухораспределителями ВЭС 16/50 на каждом, изготовленными по типовой серии 1.494-17. Поток воздуха от воздухораспределителей не влияет на работу воздушных завес, что подтверждено измерениями скорости движения воздуха от систем TL41D02, D03 на отм. 36,900 в районе БВ и БМП.

Фрагменты чертежа ГРП на установку воздухораспределителей показаны на рис. 4.7.

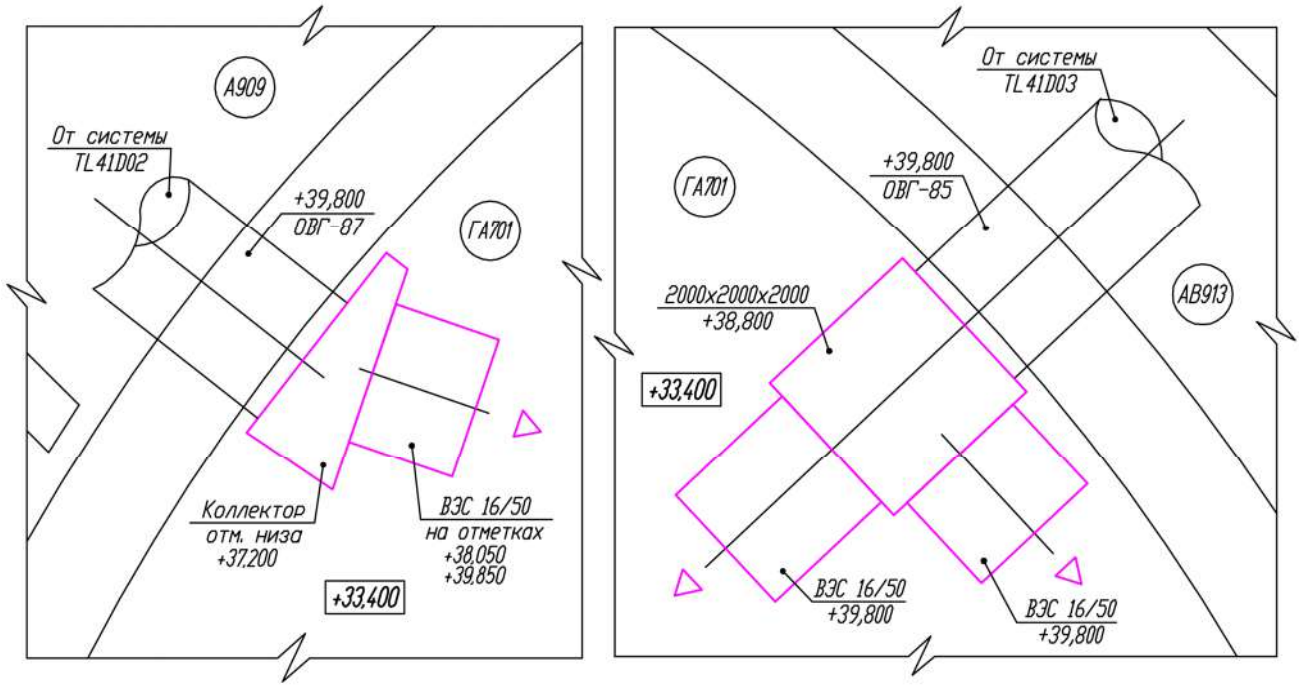


Рисунок 4.7 – Фрагменты чертежа ГРП на установку воздухораспределителей

4.3.3 Системы воздухоснабжения пневмокостюмов в обстройке и в гермооболочке TL47, TL48

Системы воздухоснабжения пневмокостюмов предназначены для подачи воздуха в шланговые СИЗ:

– TL47 – в обстройке и фундаментной части;

– TL48 – в гермооболочке.

Принципиальные схемы системы TL48 приведены:

– блока № 1 – на рис. Е.1;

– блока № 5 – на рис. Е.2.

Система TL47 имеет различия по сравнению с системой TL48:

– отсутствует локализующая арматура;

– трубопроводы воздухоснабжения пневмокостюмов проложены в обстройке;

– воздухораспределительные гребенки установлены в коридорах.

Аэродинамические характеристики вентиляторов 8ЦС-63 и 10/63 ЦСУ-11 (РСС 10/63) приведены на рис. 4.8 и 4.9 соответственно.

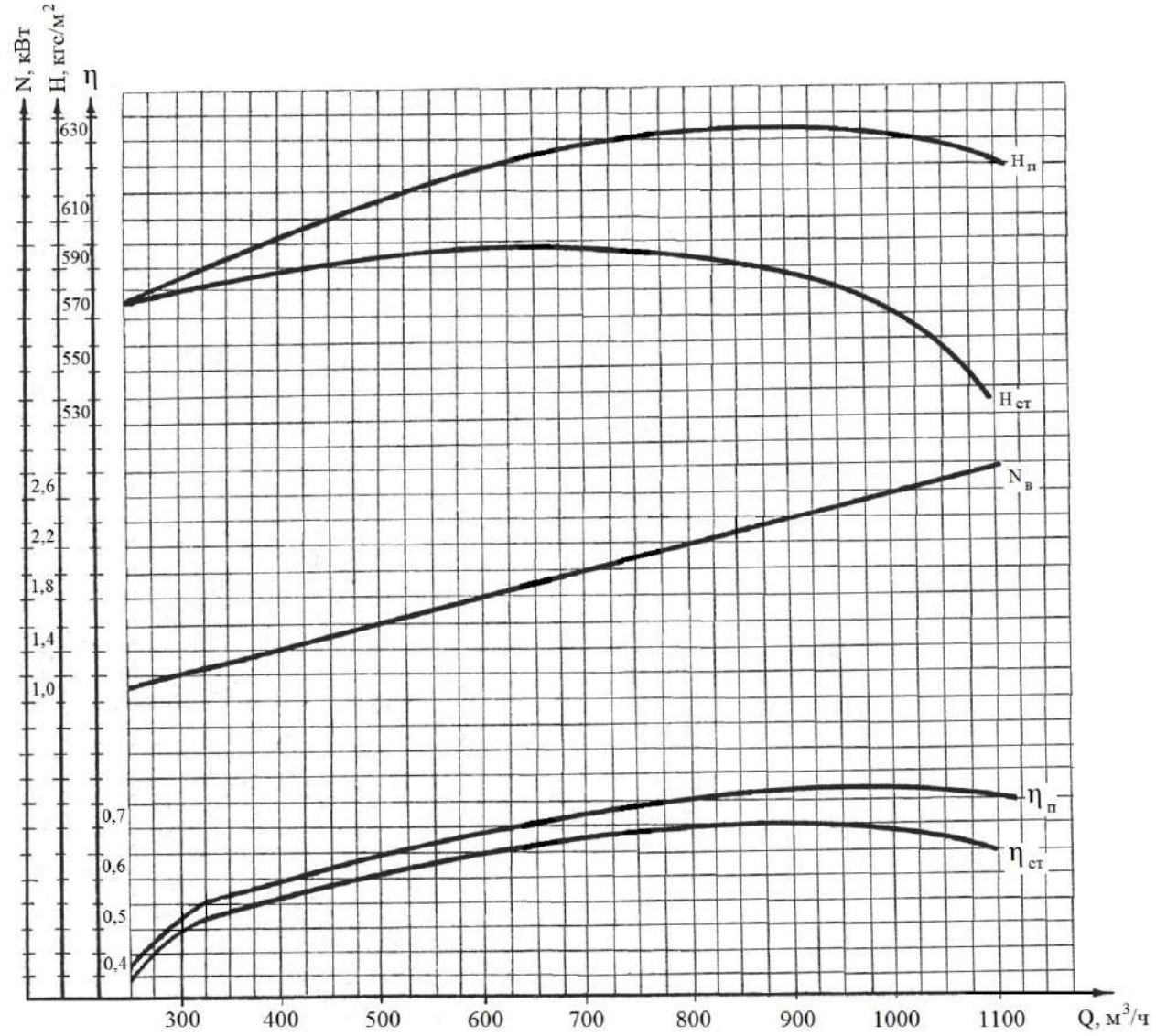


Рисунок 4.8 – Аэродинамическая характеристика вентилятора 8ЦС-63

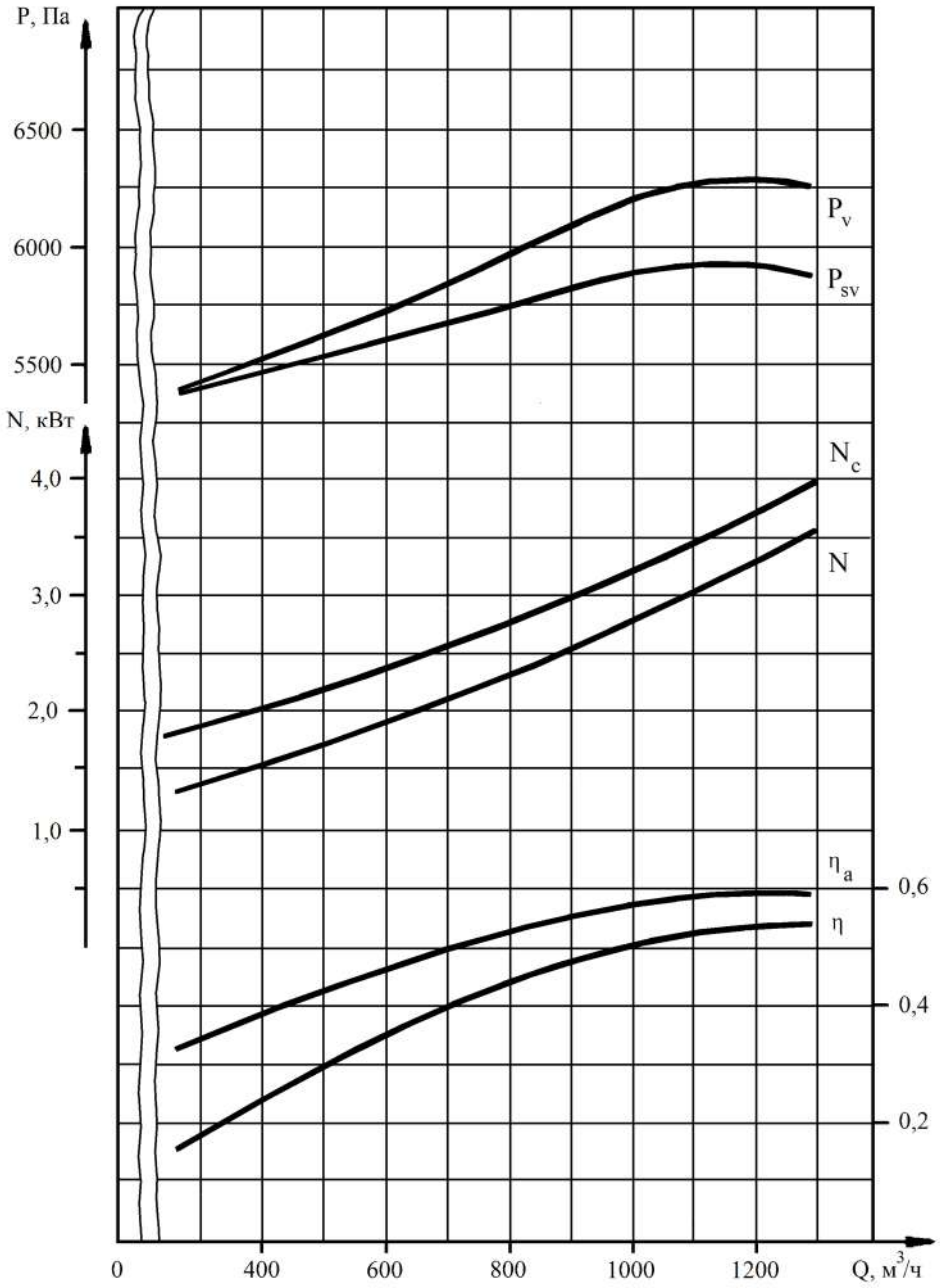


Рисунок 4.9 – Аэродинамическая характеристика вентилятора 10/63 ЦСУ-11 (РСС 10/63)

Для систем TL47, TL48 по первоначальной рабочей документации было применено оборудование, указанное в таблице 4.10.

Таблица 4.10

Тип оборудования	Блок № 1	Блок № 2	Блок № 3	Блок № 4	Блок № 5	Блок № 6
Вентиляторы	Радиальный судовой вентилятор 8ЦС-63 с электродвигателем АОМШ41-2-ОМ5	Радиальный судовой вентилятор 10/63 ЦСУ-11 с электродвигателем 2ДМШ112МА2				Радиальный судовой вентилятор РСС 10/63 1.1.4 с электродвигателем
Воздухонагреватели	КФСО-2		КВС-6п		КсК3-6	

Тип оборудования	Блок № 1	Блок № 2	Блок № 3	Блок № 4	Блок № 5	Блок № 6
Клапаны герметичные вентиляционные	Dy 200 Py 0,05 ИА01017-200			Dy 200 Py 0,05 DE01-200		
Клапаны локализующие	Согласно таблице 8.9					
Клапаны воздушные утепленные	КВУ 600х1000АУ2					
Фильтры грубой очистки	ФяВ					
Фильтры аэрозольные	В-2					

Для возможности проведения локальных испытаний локализующей арматуры TL48S10, S11 на герметичность по чертежу ГРП выполнен монтаж дополнительных трубопроводов и арматуры TL48S12, S13.

Согласно рабочей документации в обслуживаемых помещениях смонтированы трубопроводы и воздухораспределительные гребенки. На них должны быть установлены шаровые клапаны согласно рис. 4.10.

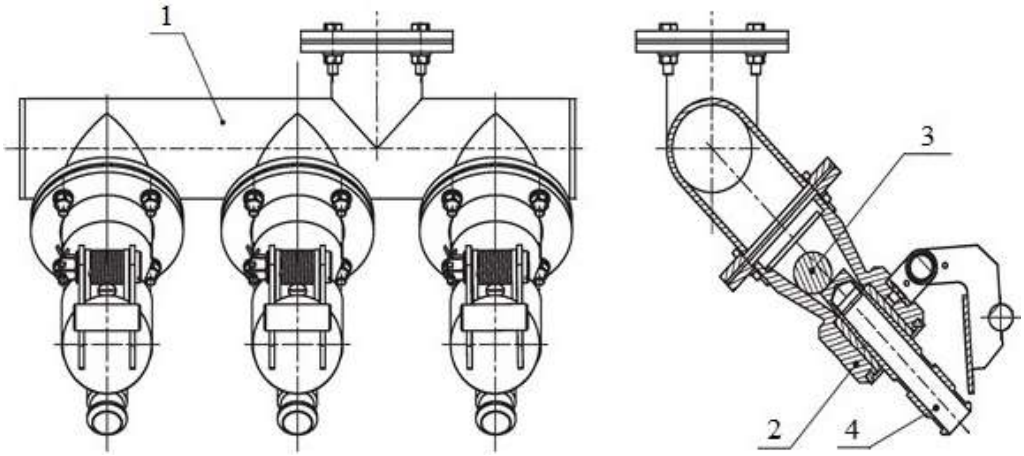


Рисунок 4.10 – Воздухораспределительная гребенка с шаровыми клапанами

На коллектор 1 устанавливаются три клапана 2. В нерабочем положении выход воздуха из клапана перекрывается шариком 3. При необходимости подключения шланга со штуцером 4 от пневмокостюма штуцер вставляется в выходной патрубок, отодвигает шарик и воздух может поступать в пневмокостюм.

Но ни одного шарового клапана на Запорожскую АЭС не поступило, были только изготовлены и поставлены воздухораспределительные гребенки, показанные на рис. 4.11.



Рисунок 4.11 – Воздухораспределительная гребенка без шаровых клапанов

На воздухораспределительные гребенки были установлены заглушки с прокладками, разработан чертеж устройства быстроразъемного. Перед началом выполнения работ с применением пневмокостюмов на ближайшей воздухораспределительной гребенке снимаются заглушки, устанавливаются устройства быстроразъемные, к которым после включения вентилятора подключаются шланги от пневмокостюмов.

Но для обеспечения нормируемых параметров воздуха, подаваемого в пневмокостюмы, данного решения недостаточно по причинам:

– номинальный расход воздуха системы воздухоснабжения пневмокостюмов в рабочей документации указан 800 м^3/ч или 1000 м^3/ч, для их обеспечения были подобраны соответствующие судовые вентиляторы;

– из рис. 4.8 и 4.9 видно, что минимальный расход воздуха вентиляторов должен быть не менее 300 м^3/ч или 400 м^3/ч соответственно;

– для обеспечения минимального расхода воздуха данной системы должны быть подключены 16 или 22 пневмокостюма (при расходе воздуха на один шланговый СИЗОД 18 м^3/ч, см. 13.9 настоящего пособия), что практически невозможно.

Отдельным техническим решением были внесены изменения в схемы систем TL47 и TL48: на коллекторах после вентиляторов врезаны патрубки для сброса воздуха в приточный вентцентр, с диафрагмой Д1, рассчитанной на расход воздуха системы 500 м^3/ч при избыточном давлении воздуха в воздухораспределительных гребенках 5 кПа.

Фрагмент принципиальной схемы системы TL48 показан на рис. 4.12.

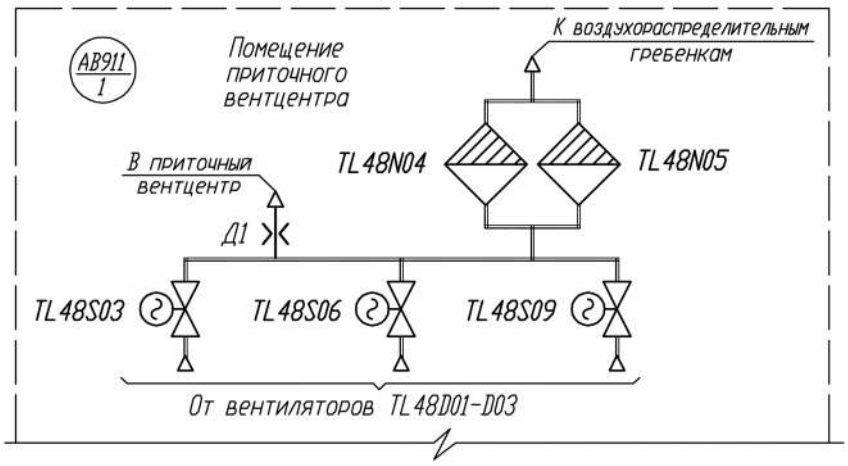


Рисунок 4.12 – Фрагмент принципиальной схемы системы TL48 после модернизации

После реализации технического решения системы воздухоснабжения пневмокостюмов обеспечивали нормируемые параметры воздуха при проверках на соответствие проектным характеристикам.

Шланговые СИЗОД на Запорожской АЭС использовались крайне редко.

В 8.4.6 настоящего пособия указано, что фильтры аэрозольные типа В-2 на системах воздухоснабжения пневмокостюмов TL47, TL48 на блоках Запорожской АЭС пришли в негодность. После внесения изменений в их принципиальные схемы согласно рис. 4.12 нет необходимости устанавливать на указанные системы аэрозольные фильтры, рассчитанные на расход воздуха 1000 м^3/ч.

Достаточно установить на каждой системе аэрозольные фильтры, рассчитанные на расход воздуха не более 200 м^3/ч, чего будет достаточно для воздухоснабжения 10 шланговых СИЗОД одновременно.

4.4 Системы охлаждения помещений обстройки и фундаментной части

Особенности принципиальных схем систем охлаждения обстройки и фундаментной части TL06-TL10, TL13, TL15 приведены в таблице 4.11.

Таблица 4.11

Обозначение системы	Назначение системы	Обслуживаемые помещения	Кол-во в/а	Наличие резерва	Смежные системы	Особенности принципиальных схем
TL06	Система охлаждения помещений подпиточных насосов	A018/1-3 A119/-3	3	Нет	UX11, VF	В каждом помещении A018/1-3 установлены вентиляторы и воздухоохладители, охлажденный воздух подается в помещения A119/1-3, из них через проемы перетекает в помещения A018/1-3
TL07	Система охлаждения помещения теплообменников I контура	A319	2	Есть	UX11, VF	Система состоит из двух групп вентиляторов и воздухоохладителей, вентиляторы подают воздух в общий коллектор. На блоках № 1, 2 обратные клапаны на выходе вентиляторов не предусмотрены, они включены в рабочую документацию блоков № 3-6
TL08	Система охлаждения помещения деаэратора подпитки	A423	2	Есть	UX11, VF	Система состоит из двух независимых групп вентиляторов и воздухоохладителей
TL09	Система охлаждения помещений теплообменников промконтура и насосов	A114/1, 2 A317/1-3	3	Нет	UX11, VF	В каждом помещении A317/1-3 установлены вентиляторы и воздухоохладители. Отдельными воздуховодами охлажденный воздух подается в помещение A114/2, через сетки он перетекает в помещение A114/1 и далее по отдельным воздуховодам на вход вентиляторов
TL10	Система охлаждения помещений аварийной системы	A036/1-3, A123/1-3	3	Нет	VF	В каждом помещении A036/1-3 установлены вентиляторы и воздухоохладители, охлажденный воздух подается в помещения A123/1-3, из них через проемы перетекает в помещения A036/1-3
TL13	Система охлаждения венткамеры и проходок днища оболочки	A327/1-3	3	Нет	VF	В каждом помещении A327/1-3 установлены вентиляторы и воздухоохладители. Часть охлажденного воздуха подается на охлаждаемые проходки технологических трубопроводов
TL15	Система охлаждения помещения насосов борного концентрата	A034	1	Нет	VB	Система предусмотрена только на блоке № 6. Вентилятор и воздухоохладитель установлены в помещении A034
Условные обозначения: UX11 – ПЭМ UX11H01; VF – система технического водоснабжения группы «А»; VB – система технического водоснабжения группы «В».						

4.5 Системы вентиляции ЗКД

4.5.1 Система вентиляции из помещений ЗКД с двойной очисткой TL23

Система вытяжной вентиляции помещений ЗКД TL23 предназначена для обеспечения воздухообмена и локализации радиоактивных загрязнений, поступающих в помещения II категории радиационной опасности обстройки и фундаментной части.

Функцией вытяжной системы помещений контролируемой зоны TL23 является:

– обеспечение температуры воздуха в помещениях не более 40 °С;

– обеспечение в помещениях разрежения порядка 5 кгс/м^2 (50 Па);

– очистка воздуха от радиоактивных загрязнений (аэрозоли, йод) перед выбросом его в атмосферу.

Принципиальная схема системы вентиляции TL23 показана:

– в части обслуживаемых помещений – на рис. 3.6;

– в части вентиляторов и фильтров аэрозольных с адсорберами угольными – на рис. 3.9.

Схема системы TL23 имеет следующие особенности:

– группа фильтров аэрозольных и адсорберов угольных выбирается независимо от работающего вентилятора, при необходимости могут очищать воздух обе группы;

– в ППР блока, согласно проекту, клапаны герметичные TL23S06-S09 закрываются, клапан герметичный TL23S05 открывается, в работу вводятся оба вентилятора, в этом режиме очистка воздуха не выполняется.

4.5.2 Система вытяжной вентиляции из помещений КИП I контура TL27

Вытяжная система вентиляции TL27 предназначена для обеспечения воздухообмена в помещениях КИП 1 контура АК329/1-3 и помещениях радиационного контроля АК335/1-3.

Принципиальная схема системы вентиляции TL27 показана на рис. 4.13.

Приток воздуха в помещения АК329/1-3, АК335/1-3 производится из смежных коридоров через КИД.

Для системы вытяжной вентиляции TL27 по первоначальной рабочей документации было применено оборудование, указанное в таблице 4.12.

Таблица 4.12

Тип оборудования	Блок № 1	Блок № 2	Блок № 3	Блок № 4	Блок № 5	Блок № 6
Вентиляторы	Радиальный вентилятор Ц10-28 № 3,2 с электродвигателем 4А100SA2			Радиальный вентилятор Ц10-28 № 4 с электродвигателем 4АМ132М2У3	Радиальный вентилятор Ц14-46 № 2,5 с электродвигателем 4А100LB2	
Клапаны герметичные вентиляционные	Dy 400 Py 0,05 ИА01017-400			Dy 400 Py 0,05 DE01-400		
Клапаны локализующие	Согласно таблице 8.9					

На случай разрыва импульсных трубопроводов в помещениях АК329/1-3 и АК335/1-3 в местах пересечения ограждающих конструкций воздуховодами системы вытяжной вентиляции TL27 установлена локализующая арматура, СИ для измерения избыточного давления воздуха в указанных помещениях, предусмотрены блокировки для закрытия с запретом открытия локализующей арматуры.

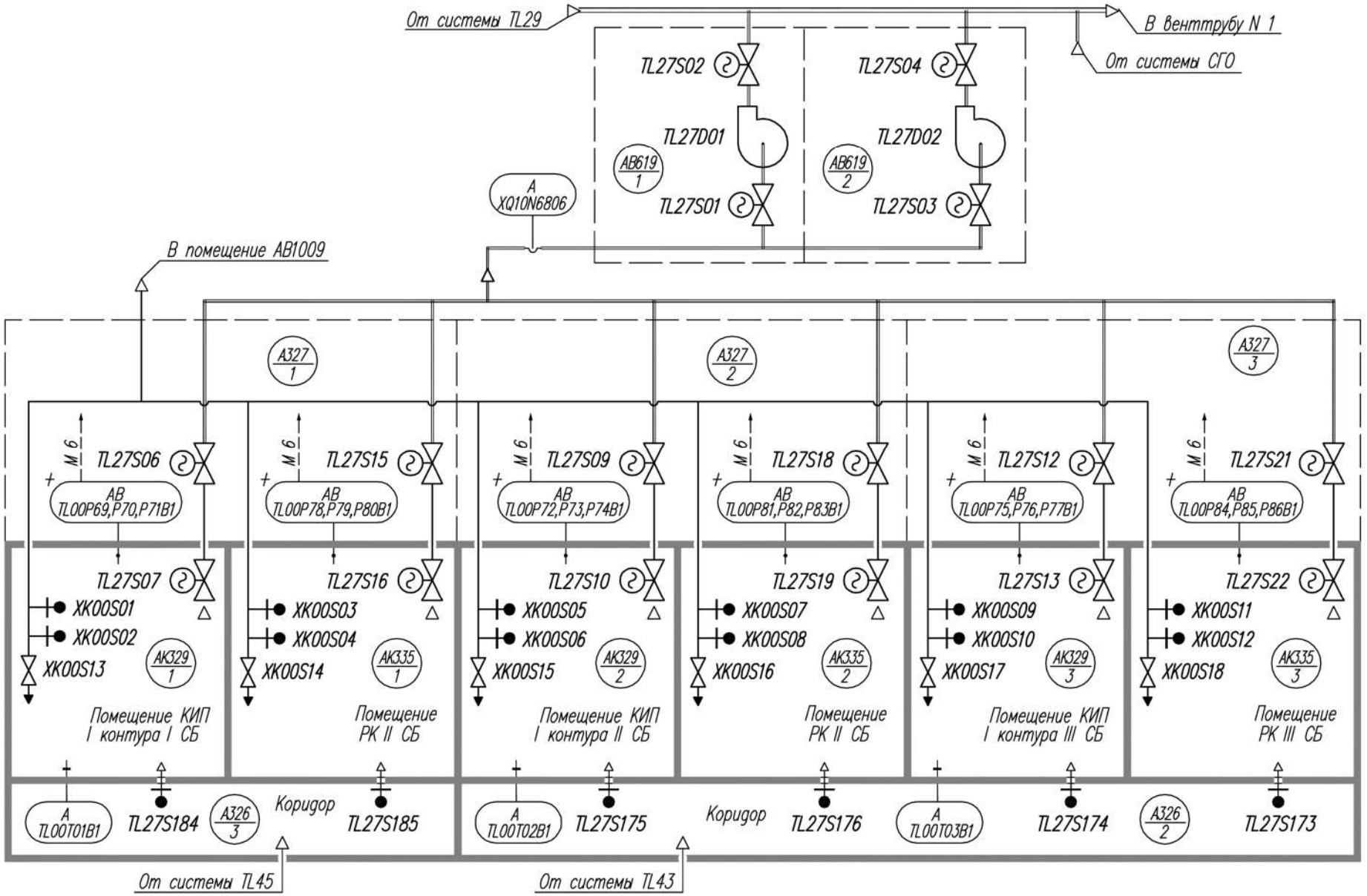


Рисунок 4.13 – Принципиальная схема системы TL27 и системы выхлопа из помещений КИП

Для возможности проведения локальных испытаний локализующей арматуры на герметичность по чертежу ГРП выполнен монтаж дополнительных трубопроводов и арматуры (на рис. 4.13 не показаны).

Различия в устройстве системы вентиляции TL27 на разных блоках показано в таблице 4.13.

Таблица 4.13

Основные технические решения	Блоки № 1, 2	Блоки № 3, 4	Блоки № 5, 6
Предел измерения СИ для контроля избыточного давления воздуха в помещениях АК329/1-3, АК335/1-3, кгс/см^2	от минус 0,5 до 0,5		от минус 0,001 до 0,0053
Уставка срабатывания блокировок на закрытие локализующей арматуры, кгс/см^2	более 0,2		более 0,003
Марка локализующей арматуры	Dy 400 Py 5,0 фирмы Th. Jansen	Dy 400 Py 0,05 KO1020-400	
Количество локализующей арматуры на одно помещение по первоначальной рабочей документации	3		2

По решению межведомственной комиссии количество единиц локализующей арматуры на одно помещение уменьшено с трех до двух, этим же решением арматура, выводимая из работы, открыта и ее схема разобрана.

Часть локализующей арматуры на блоках № 1, 2 была демонтирована и установлена в герметичную часть блоков № 5, 6 на систему поддержания разрежения в гермооболочке TL22, TL42.

Расчетное значение избыточного давления воздуха в помещениях АК329/1-3 и АК335/1-3 при разрыве импульсных трубопроводов приведено в 6.21 настоящего пособия.

Данное значение измеряемого параметра находится в зоне нечувствительности проектных СИ блоков № 1-4, при этом блокировки не сработают. Паровоздушная смесь из помещения, в котором произошел разрыв импульсной трубки, беспрепятственно выйдет в атмосферу через воздуховоды системы вентиляции TL27 и трубопроводы системы выхлопа из помещений КИП (см. 6.21 настоящего пособия).

На блоках № 5, 6 указанные блокировки сработают, паровоздушная смесь могла быть локализована в пределах помещения, в котором произошел разрыв импульсной трубки, при наличии проектных сбросных клапанов (см. 6.21 настоящего пособия).

Таким образом, на блоках № 1-4 необходима замена СИ для контроля давления воздуха в помещениях АК329/1-3, АК335/1-3 и изменение уставок закрытия локализующей арматуры системы вентиляции TL27.

Но в настоящее время модернизация систем управления локализующей арматурой системы вентиляции Запорожской АЭС не по силам.

4.5.3 Система вытяжной вентиляции из шкафов лабораторий 1 контура TL28

Вытяжная система вентиляции из шкафов лабораторий 1 контура TL28 предназначена для удаления воздуха с наличием радиоактивных аэрозолей, а также йода и его соединений, из вытяжных шкафов и пробоотборных боксов при всех состояниях РУ.

Функцией системы вытяжной вентиляции TL28 является:

– обеспечение нормируемой скорости движения воздуха в открытых проемах вытяжных шкафов;

– создания в пробоотборных боксах нормируемого разрежения;

– очистка воздуха от радиоактивных загрязнений перед выбросом его в атмосферу.

Для системы вытяжной вентиляции TL28 по первоначальной рабочей документации было применено оборудование, указанное в таблице 4.14.

Таблица 4.14

<table>
<tr><th>Тип оборудования</th><th>Блок № 1</th><th>Блок № 2</th><th>Блок № 3</th><th>Блок № 4</th><th>Блок № 5</th><th>Блок № 6</th></tr>
<tr><td>Вентиляторы</td><td colspan="5">Радиальный вентилятор сейсмостойкий 63/40 ЦСУ-14 с электродвигателем 4А160S2ОМ2</td><td>Радиальный вентилятор сейсмостойкий РСС 63/40 с электродвигателем 4АМ160S2ОМ2</td></tr>
<tr><td>Фильтры грубой очистки</td><td colspan="4">ФяВ</td><td colspan="2">–</td></tr>
<tr><td>Фильтры аэрозольные</td><td colspan="6">Фильтрэлемент А-17 (Д-23кл, Ф-23, ФАП-3400) в корпусе Ду350</td></tr>
<tr><td>Адсорберы угольные</td><td colspan="3">АУ-1500</td><td colspan="3">АУИ-1500-1</td></tr>
<tr><td>Клапаны герметичные вентиляционные</td><td colspan="3">Dy 300 Py 0,05 ИА01017-200</td><td colspan="3">Dy 300 Py 0,05 DE01-300</td></tr>
</table>

Вентиляторы на блоках № 1-4 по чертежу ГРП были перемещены из системы UV55 ввиду непригодности вентиляторов ВЦ10-28 для работы в составе системы TL28 (см. 8.1.7 настоящего пособия).

По первоначальной рабочей документации, в составе системы TL28 не были предусмотрены фильтры грубой очистки и фильтры аэрозольные. Фильтры аэрозольные входили в состав вытяжных шкафов и были установлены в помещениях лабораторий I контура. Но когда было обнаружено гамма-излучение от радиоактивных веществ, задержанных фильтрами аэрозольными, для исключения излишнего облучения персонала по чертежу ГРП на блоках № 1-4 перед адсорберами угольными были установлены фильтры аэрозольные в стальных корпусах и фильтры грубой очистки. Все оборудование системы TL28 разместилось в помещениях АВ926/1, 2.

Необходимость в установке фильтров грубой очистки на системе TL28 блоков № 1-4 появилась по причине наличия в наружном воздухе промплощадки золы от Запорожской ГРЭС, часть ее попадала на аэрозольные фильтры систем вентиляции ЗКД.

На блоках № 5, 6 такой проблемы уже не было, в рабочей документации предусмотрена установка оборудования системы TL28 в помещениях АВ926/1, 2 без фильтров грубой очистки. Размеры помещений АВ926/1, 2 на блоках № 5, 6 увеличены по сравнению с размерами помещений на блоках № 1-4.

4.5.4 Вытяжная система вентиляции из помещений маслосистем подпиточных насосов TL29

Вытяжная система вентиляции из помещений маслосистем подпиточных насосов TL29 предназначена для выполнения воздухообмена и локализации радиоактивных загрязнений, выделяемых в воздух указанных помещений при всех состояниях РУ.

Функцией вытяжной системы TL29 является:

– создания в помещениях разрежения порядка 5 кгс/м^2 (50 Па);

– обеспечение скорости движения воздуха в открытых проемах дверей в ППР блока не менее 0,3 м/с (невыполнимо, см. 7.2.2 настоящего пособия);

– обеспечение пожарной безопасности (обслуживаемым помещениям присвоена категория пожарной опасности В);

– очистка воздуха от радиоактивных загрязнений перед выбросом его в атмосферу.

С момента ввода в эксплуатацию системы вентиляции TL29 начались проблемы:

– часть аэрозолей масла вместе с удаляемым из помещений маслосистем воздухом во время движения по воздуховодам оседала внутри воздуховодов, коагулировала, затем капли масла через неплотности воздуховодов протекали на отм. -4,200;

– другая часть аэрозолей масла беспрепятственно проходила через сетки фильтров ячейковых ФяВ и задерживалась фильтрами аэрозольными, превращая фильтрующий материал в промасленную ткань;

– часть капель масла уносилась с поверхности фильтрующего материала фильтров аэрозольных и попадала в адсорберы угольные.

Замена на блоке № 3 фильтров ячейковых на фильтр грубой очистки, изготовленный с применением фильтрующего материала ФРНК-ПГ, результатов не дала.

Технически проблема решается установкой фильтров аэрозольных, рассчитанных на работу в режиме самоочищения, непосредственно в помещениях маслосистем ГЦН, но в настоящее время такая модернизация Запорожской АЭС не под силу.

В рамках мероприятий по повышению пожарной безопасности клапаны противопожарные на блоках № 1-4, изготовленные по типовым сериям, были заменены на клапаны противопожарные нормально открытые с электроприводом.

4.5.5 Системы вытяжной вентиляции TL24, TL25, TL26, TL30

Особенности систем вытяжной вентиляции TL24, TL25, TL26, TL30 приведены в таблице 4.15.

Таблица 4.15

Обозначение системы	Назначение системы	Кол-во в/а	Наличие резерва	Особенности принципиальных схем
TL24	Вытяжная система из помещений саншлюзов	2	Есть	-
TL25	Вытяжная система из помещений обстройки без очистки	2	Есть	На блоках № 1-4 установлен клапан воздушный с ручным приводом TL25S07 для отвода тепла от конденсаторов автономных кондиционеров системы TL16
				На блоках № 5, 6 согласно рабочей документации в ППР может удалять воздух из транспортного коридора, для чего установлены клапаны герметичные вентиляционные TL25S05, S06; TL45S05, S06
TL26	Вытяжная система из помещений маслосистем ГЦН	2	Есть	На стенах обслуживаемых помещений согласно рабочей документации установлены клапаны противопожарные. На блоках № 1, 2 вытяжная вентиляция из помещений вентиляторов AB624/1, 2 осуществляется системой вентиляции TL25, на блоках № 3-6 – системой вентиляции TL26
TL30	Вытяжная система из санузлов и курительных	4	Есть	Система состоит из двух независимых подсистем: TL30D01, D02 и TL30D03, D04. Перед вентиляторами клапаны герметичные вентиляционные рабочей документацией не предусмотрены

4.5.6 Системы приточной вентиляции помещений ЗКД

Особенности систем приточной вентиляции помещений ЗКД TL43, TL45, TL46 приведены в таблице 4.16.

Таблица 4.16

Обозначение системы	Назначение системы	Кол-во в/а	Наличие резерва	Смежные системы	Особенности принципиальных схем
TL43	Приточная система ЗКД обстройки	2	Есть	UX21, UM41	-
TL45	Приточная система ЗКД обстройки	2	Есть	UX21, UM41	На блоках № 1-4 установлен клапан воздушный с ручным приводом TL45S07 для компенсации удаляемого воздуха системой TL25 от конденсаторов автономных кондиционеров системы TL16
TL46	Приточная система помещений маслосистемы ГЦН	2	Есть	UX21, UM41	На стенах обслуживаемых помещений согласно рабочей документации установлены клапаны противопожарные нормально открытые

4.6 Системы вентиляции ЗСД

4.6.1 Системы вентиляции РУСН надежного питания UV21-UV23, UV41-UV43

Принципиальные схемы систем вентиляции UV21-UV23, UV41-UV43 стандартные.

Изменения в части вентиляции помещений АЭ607/1-3, АЭ609/1-3 потребовались для улучшения охлаждения электрооборудования в указанных помещениях системой кондиционирования воздуха UV09 (см. 4.7.7 настоящего пособия).

Согласно рабочей документации блоков № 1, 2, вентиляция помещений АЭ607/1-3, АЭ609/1-3 выполнена так:

– воздух от приточных систем вентиляции UV41-UV43 подается в помещения АЭ607/1, АЭ609/2, АЭ607/3 соответственно с расходом 7000 м^3/ч;

– далее воздух перетекает в помещения АЭ609/1, АЭ607/2, АЭ609/3 и удаляется вытяжными системами вентиляции UV21-UV23 соответственно с расходом 7000 м^3/ч.

Таблица воздухообмена в помещениях АЭ607/1-3, АЭ609/1-3 блоков № 1, 2 приведена в таблице 4.27 настоящего пособия. Фрагмент принципиальной схемы систем вентиляции UV21, UV41 блоков № 1, 2 показан на рис. 4.14.

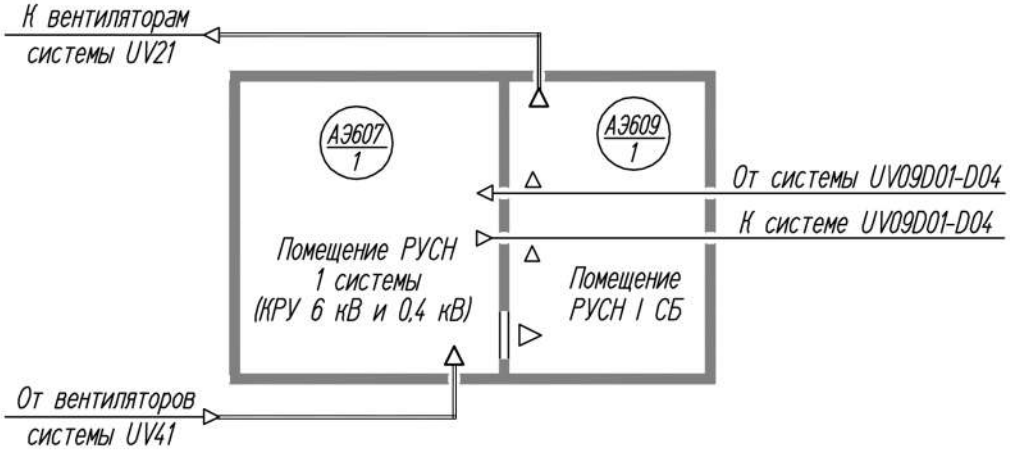


Рисунок 4.14 – Фрагмент принципиальной схемы систем вентиляции UV21, UV41 блоков № 1, 2

На блоке № 3 вентиляция каждого помещения АЭ607/1, АЭ609/1; АЭ607/2; АЭ609/2, АЭ607/3, АЭ609/3 производится соответствующими приточно-вытяжными системами вентиляции с расходом воздуха 3500 м^3/ч.

Таблица воздухообмена в помещениях АЭ607/1-3, АЭ609/1-3 блока № 3 приведена в таблице 4.28 настоящего пособия. Фрагмент принципиальной схемы систем вентиляции UV21, UV41 блока № 3 показан на рис. 4.15.

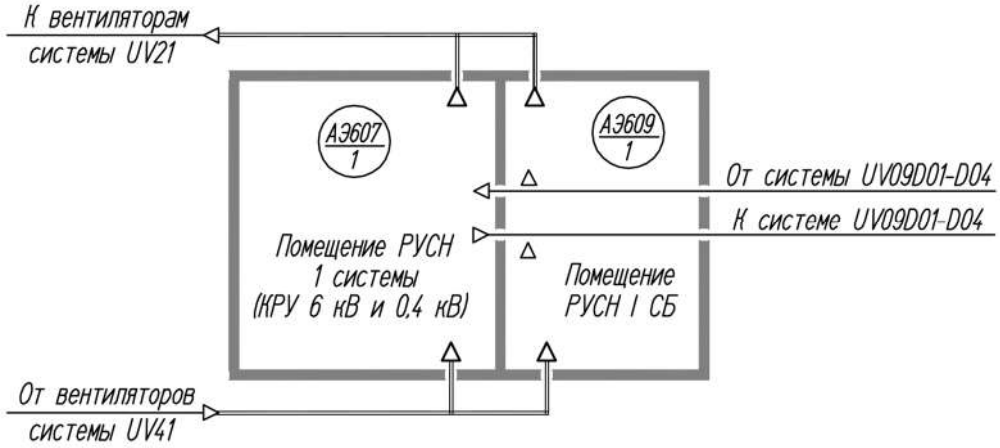


Рисунок 4.15 – Фрагмент принципиальной схемы систем вентиляции UV21, UV41 блока № 3

На блоках № 4-6 по чертежу ГРП на воздуховодах систем вентиляции UV21, UV41 установлены заслонки воздушные с ручным приводом, предполагалось, что они будут выполнять переключения для обеспечения значений расхода воздуха:

- в холодный период года:
  - в помещения АЭ607/1, АЭ607/2; АЭ607/3 – 1000 м^3/ч;
  - в помещения АЭ609/1, АЭ609/2; АЭ609/3 – 6000 м^3/ч;
- в теплый период года:
  - в помещения АЭ607/1, АЭ607/2; АЭ607/3 – 6000 м^3/ч;
  - в помещения АЭ609/1, АЭ609/2; АЭ609/3 – 1000 м^3/ч.

Предполагаемая таблица воздухообмена в помещениях АЭ607/1-3, АЭ609/1-3 блоков № 4-6 в теплый период года приведена в таблице 4.29 настоящего пособия. Фрагмент принципиальной схемы систем вентиляции UV21, UV41 блоков № 4-6 показан на рис. 4.16.

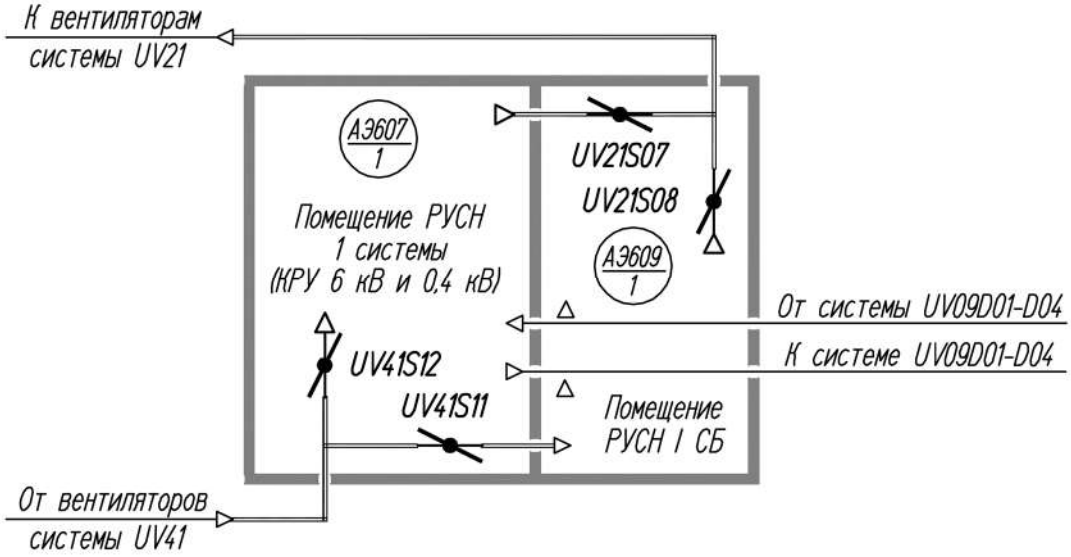


Рисунок 4.16 – Фрагмент принципиальной схемы систем вентиляции UV21, UV41 блоков № 4-6

Опыт эксплуатации систем вентиляции UV21, UV41 блоков № 4-6 показал, что без арматуры на воздуховодах систем вентиляции в помещениях АЭ607/1-3, АЭ609/1-3 вполне можно обойтись. В настоящее время указанная арматура полностью открыта.

4.6.2 Системы вентиляции помещений аккумуляторных батарей (АБ) UV24-UV26, UV33, UV34, UV53, UV54

Вытяжные системы вентиляции помещений АБ выбрасывают воздух не в атмосферу, а в помещения УЗС АВ1106/1, 2 (противовзрывные устройства предусмотрены в рабочей документации для выполнения требований [34]), в которых за счет перепада давления воздуха на противовзрывных устройствах устанавливается избыточное давление воздуха до 150 Па.

Таким образом, при отключении вентиляторов систем вытяжной вентиляции избыточное давление воздуха не позволяет осуществлять естественную вытяжную вентиляцию из помещений АБ.

По этой же причине на блоках № 3-6 Запорожской АЭС не обеспечивается естественная вентиляция из помещений вытяжных венткамер из помещений АБ.

В схемах управления вытяжными вентиляторами помещений АБ блоков № 1-6 предусмотрены блокировки для возможности работы выпрямительных устройств (ВУ) в режиме заряда АБ. Перед переводом ВУ в режим заряда АБ необходимо ввести в работу приточно-вытяжную вентиляцию соответствующего помещения АБ. Отключение вытяжной вентиляции во время работы ВУ в режиме заряда АБ приводит к автоматическому переводу их в режим подзаряда. Данная блокировка не была предусмотрена проектом и внедрена отдельным техническим решением.

По первоначальной рабочей документации в помещениях АБ были установлены стационарные свинцово-кислотные аккумуляторы типа СН-1152, расход воздуха систем вентиляции был определен из расчета концентрации в воздухе каждого помещения не более 2 мг/м^3 паров серной кислоты и 0,7% водорода к объему помещения.

После выработки ресурса аккумуляторов типа СН-1152 они были заменены на аккумуляторы стационарные свинцовые закрытого исполнения типа Vb VARTA.

По данным предприятия-изготовителя:

– эксплуатация АБ должна производиться в режиме постоянного подзаряда при напряжении на одном элементе (2,23±0,02) В;

– заряд АБ должен производиться при напряжении на одном элементе 2,4 В;

– регулярный уравнительный (выравнивающий, интенсивный) заряд не требуется.

Уравнительный заряд необходимо выполнять при напряжении на одном элементе не более (2,6-2,75 В):

– после глубоких разрядов;

– после длительного недостаточного заряда;

– после вывода заряженной батареи из эксплуатации на срок более двух месяцев;

– после простоя без заряда полностью или частично разряженной батареи в течение более 48 ч;

– для отдельных элементов, напряжение и плотность которых ниже допустимых, через 6 недель нахождения АБ в режиме подзаряда.

Предприятие-изготовитель предоставило Запорожской АЭС объем выделения водорода из аккумуляторов типа Vb VARTA в зависимости от:

– срока службы АБ;

– температуры электролита в аккумуляторе;

– атмосферного давления;

– напряжения на элементе;

– состояния элемента (в норме, сульфатация, превышение нормы вредных примесей в электролите).

Указанные данные приведены в таблице 4.17.

Таблица 4.17 – Объем выделения водорода из одного элемента в литрах на 1000 А·ч аккумулятора в течение 1 часа

Напряжение на элемент, В	Состояние элемента	Срок службы аккумулятора, лет																								
		5										10										15				
		Температура электролита в аккумуляторе, °С																								
		20			25			30			35			40			20			25			30			35	
		Атмосферное давление в помещении АБ, мбар																								
		969	1011	1032	969	1011	1032	969	1011	1032	969	1011	1032	969	1011	1032	969	1011	1032	969	1011	1032	969	1011	1032	969	1011
2,23	В норме	2,18	2,10	2,06	2,95	2,84	2,78	4,37	4,20	4,12	5,68	5,46	5,35	8,74	8,40	8,23	2,62	2,52	2,47	3,54	3,40	3,33	5,24	5,04	4,94	6,81	6,55
	Сульфатация	2,18	2,10	2,06	2,95	2,84	2,78	4,37	4,20	4,12	5,68	5,46	5,35	8,74	8,40	8,23	2,62	2,52	2,47	3,54	3,40	3,33	5,24	5,04	4,94	6,81	6,55
	Превышение нормы вредных примесей в электролите	4,37	4,20	4,12	5,90	5,67	5,56	8,74	8,40	8,23	11,36	10,92	10,70	17,47	16,80	16,46	5,24	5,04	4,94	7,08	6,80	6,67	10,48	10,08	9,88	13,63	13,10
2,25	В норме	2,73	2,63	2,57	3,69	3,54	3,47	5,46	5,25	5,15	7,10	6,83	6,69	10,92	10,50	10,29	3,28	3,15	3,09	4,42	4,25	4,17	6,55	6,30	6,17	8,52	8,19
	Сульфатация	2,73	2,63	2,57	3,69	3,54	3,47	5,46	5,25	5,15	7,10	6,83	6,69	10,92	10,50	10,29	3,28	3,15	3,09	4,42	4,25	4,17	6,55	6,30	6,17	8,52	8,19
	Превышение нормы вредных примесей в электролите	5,46	5,25	5,15	7,37	7,09	6,95	10,92	10,50	10,29	14,20	13,65	13,38	21,84	21,00	20,58	6,55	6,30	6,17	8,85	8,51	8,33	13,10	12,60	12,35	17,04	16,38
2,30	В норме	5,02	4,83	4,73	6,78	6,52	6,39	9,66	9,47	9,47	13,06	12,56	12,31	20,09	19,32	18,93	6,03	5,80	5,68	8,14	7,82	7,67	12,06	11,59	11,36	15,67	15,07
	Сульфатация	5,02	4,83	4,73	6,78	6,52	6,39	9,66	9,47	9,47	13,06	12,56	12,31	20,09	19,32	18,93	6,03	5,80	5,68	8,14	7,82	7,67	12,06	11,59	11,36	15,67	15,07
	Превышение нормы вредных примесей в электролите	10,05	9,66	9,47	13,56	13,04	12,78	19,32	18,93	18,93	26,12	25,12	24,61	40,19	38,64	37,87	12,06	11,59	11,36	16,28	15,65	15,34	24,11	23,18	22,72	31,34	30,14
2,35	В норме	12,67	12,18	11,94	17,10	16,44	16,11	25,33	24,36	23,87	32,93	31,67	31,03	50,67	48,72	47,75	15,20	14,62	14,32	20,52	19,73	19,34	30,40	29,23	28,65	39,52	38,00
	Сульфатация	12,67	12,18	11,94	17,10	16,44	16,11	25,33	24,36	23,87	32,93	31,67	31,03	50,67	48,72	47,75	15,20	14,62	14,32	20,52	19,73	19,34	30,40	29,23	28,65	39,52	38,00
	Превышение нормы вредных примесей в электролите	25,33	24,36	23,87	34,20	32,89	32,23	50,67	48,72	47,75	65,87	63,34	62,07	101,34	97,44	95,49	30,40	29,23	28,65	41,04	39,46	38,67	60,80	58,46	57,29	79,04	76,00

Напряжение на элемент, В	Состояние элемента	Срок службы аккумулятора, лет																								
		15									20															
		Температура электролита в аккумуляторе, °С																								
		40		20			25			30			35			40			20			25			30	
		Атмосферное давление в помещении АБ, мбар																								
		1032	969	1011	1032	969	1011	1032	969	1011	1032	969	1011	1032	969	1011	1032	969	1011	1032	969	1011	1032	969	1011	1032
2,23	В норме	4,12	3,28	3,15	3,09	4,42	4,25	4,17	6,55	6,30	6,17	8,52	8,19	8,03	13,10	12,60	12,35	4,10	3,94	3,86	5,53	5,32	5,21	8,19	7,88	7,72
	Сульфатация	4,12	3,28	3,15	3,09	4,42	4,25	4,17	6,55	6,30	6,17	8,52	8,19	8,03	13,10	12,60	12,35	4,10	3,94	3,86	5,53	5,32	5,21	8,19	7,88	7,72
	Превышение нормы вредных примесей в электролите	8,23	6,55	6,30	6,17	8,85	8,51	8,33	13,10	12,60	12,35	17,04	16,38	16,05	26,21	25,20	24,70	6,55	6,30	6,17	8,85	8,51	8,33	13,10	12,60	12,35
2,25	В норме	5,15	4,10	3,94	3,86	5,53	5,32	5,21	8,19	7,88	7,72	10,65	10,24	10,03	16,38	15,75	15,44	5,46	5,25	5,15	7,37	7,09	6,95	10,92	10,50	10,29
	Сульфатация	5,15	4,10	3,94	3,86	5,53	5,32	5,21	8,19	7,88	7,72	10,65	10,24	10,03	16,38	15,75	15,44	5,46	5,25	5,15	7,37	7,09	6,95	10,92	10,50	10,29
	Превышение нормы вредных примесей в электролите	10,29	8,52	8,19	8,03	11,06	10,63	10,42	16,38	15,75	15,44	21,29	20,48	20,07	32,76	31,50	30,87	10,92	10,50	10,29	14,74	14,18	13,89	21,84	21,00	20,58
2,30	В норме	9,47	6,81	6,55	6,30	8,52	8,19	8,03	11,10	10,60	10,35	13,56	13,04	12,78	26,12	25,12	24,61	10,05	9,66	9,59	15,07	14,49	14,20	19,59	18,84	18,46
	Сульфатация	9,47	6,81	6,55	6,30	8,52	8,19	8,03	11,10	10,60	10,35	13,56	13,04	12,78	26,12	25,12	24,61	10,05	9,66	9,59	15,07	14,49	14,20	19,59	18,84	18,46
	Превышение нормы вредных примесей в электролите	15,67	10,48	10,08	9,88	13,63	13,10	12,84	20,97	20,16	19,76	27,13	26,08	25,56	36,92	37,87	37,87	20,09	19,32	19,17	30,14	28,98	28,40	39,18	37,67	36,92
2,35	В норме	15,67	10,48	10,08	9,88	13,63	13,10	12,84	20,97	20,16	19,76	27,13	26,08	25,56	36,92	37,87	37,87	20,09	19,32	19,17	30,14	28,98	28,40	39,18	37,67	36,92
	Сульфатация	15,67	10,48	10,08	9,88	13,63	13,10	12,84	20,97	20,16	19,76	27,13	26,08	25,56	36,92	37,87	37,87	20,09	19,32	19,17	30,14	28,98	28,40	39,18	37,67	36,92
	Превышение нормы вредных примесей в электролите	31,34	20,97	20,16	19,76	27,26	26,21	25,67	41,94	40,32	39,52	54,26	52,16	51,12	73,84	75,73	75,73	40,19	38,64	38,34	60,28	57,96	56,80	78,36	75,34	73,84

2,75			2,65			2,45			Напряжение на элемент, В												
Превышение нормы вредных примесей в электролите	Сульфатация	В норме	Превышение нормы вредных примесей в электролите	Сульфатация	В норме	Превышение нормы вредных примесей в электролите	Сульфатация	В норме	Состояние элемента	Срок службы аккумулятора, лет											
										5					10					15	
										Температура электролита в аккумуляторе, °С											
										20	25	30	35	40	20	25	30	35	40	20	25
1747,20	873,60	873,60	873,60	436,80	436,80	48,05	24,02	24,02	969	Атмосферное давление в помещении АБ, мбар											
1680,00	840,00	840,00	840,00	420,00	420,00	46,20	23,10	23,10	1011												
1646,40	823,20	823,20	823,20	411,60	411,60	45,28	22,64	22,64	1032												
2358,72	1179,36	1179,36	1179,36	589,68	589,68	64,86	32,43	32,43	969												
2268,00	1134,00	1134,00	1134,00	567,00	567,00	62,37	31,19	31,19	1011												
2222,64	1111,32	1111,32	1111,32	555,66	555,66	61,12	30,56	30,56	1032												
3494,40	1747,20	1747,20	1747,20	873,60	873,60	96,10	48,05	48,05	969												
3360,00	1680,00	1680,00	1680,00	840,00	840,00	92,40	46,20	46,20	1011												
3292,80	1646,40	1646,40	1646,40	823,20	823,20	90,55	45,28	45,28	1032												
4542,72	2271,36	2271,36	2271,36	1135,68	1135,68	124,92	62,46	62,46	969												
4368,00	2184,00	2184,00	2184,00	1092,00	1092,00	120,12	60,06	60,06	1011												
4280,64	2140,32	2140,32	2140,32	1070,16	1070,16	117,72	58,86	58,86	1032												
6988,80	3494,40	3494,40	3494,40	1747,20	1747,20	192,19	96,10	96,10	969												
6720,00	3360,00	3360,00	3360,00	1680,00	1680,00	184,80	92,40	92,40	1011												
6585,60	3292,80	3292,80	3292,80	1646,40	1646,40	181,10	90,55	90,55	1032												
2096,64	1048,32	1048,32	1048,32	524,16	524,16	57,66	28,83	28,83	969												
2016,00	1008,00	1008,00	1008,00	504,00	504,00	55,44	27,72	27,72	1011												
1975,68	987,84	987,84	987,84	493,92	493,92	54,33	27,17	27,17	1032												
2830,46	1415,23	1415,23	1415,23	707,62	707,62	77,84	38,92	38,92	969												
2721,60	1360,80	1360,80	1360,80	680,40	680,40	74,84	37,42	37,42	1011												
2667,17	1333,58	1333,58	1333,58	666,79	666,79	73,35	36,67	36,67	1032												
4193,28	2096,64	2096,64	2096,64	1048,32	1048,32	115,32	57,66	57,66	969												
4032,00	2016,00	2016,00	2016,00	1008,00	1008,00	110,88	55,44	55,44	1011												
3951,36	1975,68	1975,68	1975,68	987,84	987,84	108,66	54,33	54,33	1032												
5451,26	2725,63	2725,63	2725,63	1362,82	1362,82	149,91	74,95	74,95	969												
5241,60	2620,80	2620,80	2620,80	1310,40	1310,40	144,14	72,07	72,07	1011												
5136,77	2568,38	2568,38	2568,38	1284,19	1284,19	141,26	70,63	70,63	1032												
8386,56	4193,28	4193,28	4193,28	2096,64	2096,64	230,63	115,32	115,32	969												
8064,00	4032,00	4032,00	4032,00	2016,00	2016,00	221,76	110,88	110,88	1011												
7902,72	3951,36	3951,36	3951,36	1975,68	1975,68	217,32	108,66	108,66	1032												
2620,80	1310,40	1310,40	1310,40	655,20	655,20	72,07	36,04	36,04	969												
2520,00	1260,00	1260,00	1260,00	630,00	630,00	69,30	34,65	34,65	1011												
2469,60	1234,80	1234,80	1234,80	617,40	617,40	67,91	33,96	33,96	1032												
3538,08	1769,04	1769,04	1769,04	884,52	884,52	97,30	48,65	48,65	969												
3402,00	1701,00	1701,00	1701,00	850,50	850,50	93,56	46,78	46,78	1011												
3333,96	1666,98	1666,98	1666,98	833,49	833,49	91,68	45,84	45,84	1032												
5241,60	2620,80	2620,80	2620,80	1310,40	1310,40	144,14	72,07	72,07	969												
5040,00	2520,00	2520,00	2520,00	1260,00	1260,00	138,60	69,30	69,30	1011												
4939,20	2469,60	2469,60	2469,60	1234,80	1234,80	135,83	67,91	67,91	1032												
6814,08	3407,04	3407,04	3407,04	1703,52	1703,52	187,39	93,69	93,69	969												
6552,00	3276,00	3276,00	3276,00	1638,00	1638,00	180,18	90,09	90,09	1011												
6420,96	3210,48	3210,48	3210,48	1605,24	1605,24	176,58	88,29	88,29	1032												
10483,20	5241,60	5241,60	5241,60	2620,80	2620,80	288,29	144,14	144,14	969												
10080,00	5040,00	5040,00	5040,00	2520,00	2520,00	277,20	138,60	138,60	1011												
9878,40	4939,20	4939,20	4939,20	2469,60	2469,60	271,66	135,83	135,83	1032												
3494,40	1747,20	1747,20	1747,20	873,60	873,60	96,10	48,05	48,05	969												
3360,00	1680,00	1680,00	1680,00	840,00	840,00	92,40	46,20	46,20	1011												
3292,80	1646,40	1646,40	1646,40	823,20	823,20	90,55	45,28	45,28	1032												
4717,44	2358,72	2358,72	2358,72	1179,36	1179,36	129,73	64,86	64,86	969												
4536,00	2268,00	2268,00	2268,00	1134,00	1134,00	124,74	62,37	62,37	1011												
4445,28	2222,64	2222,64	2222,64	1111,32	1111,32	122,25	61,12	61,12	1032												
6988,80	3494,40	3494,40	3494,40	1747,20	1747,20	192,19	96,10	96,10	969												
6720,00	3360,00	3360,00	3360,00	1680,00	1680,00	184,80	92,40	92,40	1011												
6585,60	3292,80	3292,80	3292,80	1646,40	1646,40	181,10	90,55	90,55	1032												
9085,44	4542,72	4542,72	4542,72	2271,36	2271,36	249,85	124,92	124,92	969												
8736,00	4368,00	4368,00	4368,00	2184,00	2184,00	240,24	120,12	120,12	1011												
8561,28	4280,64	4280,64	4280,64	2140,32	2140,32	235,44	117,72	117,72	1032												
13977,60	6988,80	6988,80	6988,80	3494,40	3494,40	384,38	192,19	192,19	969												
13440,00	6720,00	6720,00	6720,00	3360,00	3360,00	369,60	184,80	184,80	1011												
13171,20	6585,60	6585,60	6585,60	3292,80	3292,80	362,21	181,10	181,10	1032												

Расход воздуха в помещении аккумуляторных батарей для обеспечения пожарной безопасности определяем по формуле Г.2 [59]:

$$L = L_{W,Z} + \frac{m_{PO} - L_{W,Z}(q_{W,Z} - q_{in})}{q_L - q_{in}}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (4.1)$$

где $L_{W,Z}$ – расход воздуха, удаляемого из обслуживаемой или рабочей зоны системами местных отсосов, м^3/ч;

m_{PO} – расход пожаровзрывоопасного вещества, поступающего в воздух помещения, мг/ч;

$q_{W,Z}$ – концентрация пожаровзрывоопасного вещества в воздухе, удаляемом из помещения, мг/м^3;

q_L – предельно допустимая концентрация вещества в воздухе, удаляемом из рабочей зоны, мг/м^3;

q_{in} – концентрация пожаровзрывоопасного вещества в воздухе, подаваемом в помещение, мг/м^3

Согласно стр. 311 [167] для водорода значение НКПРП равно 4,12% об.

Согласно 7.2.11 [59], концентрация горючих газов, паров или пыли в помещении не должна превышать 0,1 НКПРП, т.е.:

$$q_L = 0{,}1 q_q = 0{,}1 \cdot 4{,}12 = 0{,}412\% \text{ об.} \quad (4.2)$$

При отсутствии местной вентиляции $L_{W,Z} = 0$, т.к. водород в приточном воздухе отсутствует, то $m_{PO} = 0$.

Примем значение плотности водорода $\rho_в = 0{,}09$ кг/м^3 и определим предельно допускаемую массовую концентрацию водорода в помещении:

$$q_L = \frac{0{,}412 \cdot \rho_в \cdot 10^6}{100} = \frac{0{,}412 \cdot 0{,}09 \cdot 10^6}{100} = 370 \text{ мг/м}^3 \quad (4.3)$$

Основной режим эксплуатации АБ – «постоянный подзаряд» при напряжении 2,23 В на элемент. Контрольный разряд АБ с последующим зарядом (при напряжении от 1,8 В до 2,7 В на элемент) выполняется один раз в три года.

Согласно 1.8.38 [168], напряжение отстающих элементов в конце разряда не должно отличаться более чем на (1-1,5)% от среднего напряжения остальных элементов, т.е. напряжение на элемент может быть равно 1,015 х 2,23 = 2,26 В.

Приняты исходные данные для расчета:

- аккумуляторные батареи «Varta»;
- срок службы аккумулятора – 20 лет;
- температура воздуха в помещении аккумуляторной батареи:
  - в режиме постоянного подзаряда 25 °С;
  - в режиме уравнительного заряда 40 °С;
- атмосферное давление 1011 мБар;
- превышение нормы вредных примесей в электролите.

Согласно таблице 4.17, значение выделения водорода из батареи емкостью 1 000 А·ч будет:

- при напряжении 2,30 В на элемент (ближайшее большее значение к напряжению 2,26 В) – 26,08 л/ч;
- при напряжении 2,75 В на элемент – 13 977,60 л/ч.

Соответствующие ячейки таблицы 4.17 выделены желтой заливкой.

Расчет расхода воздуха систем вентиляции в различных режимах эксплуатации АБ типа Vb VARTA при наложении неблагоприятных факторов и сравнение с проектными значениями данного параметра показано в таблице 4.18.

Таблица 4.18

Назначение АБ	Емкость АБ, А·ч	Выделение водорода, мг/ч		Расчетный расход воздуха систем вентиляции, $м^3/ч$		Проектный расход воздуха систем вентиляции, $м^3/ч$
		в режиме подзаряда АБ	в режиме уравнительного заряда АБ	в режиме подзаряда АБ	в режиме уравнительного заряда АБ	
СБ	1200	$2{,}8x10^3$	$1{,}5x10^6$	8	4080	8900
УВС	1500	$3{,}5x10^3$	$1{,}9x10^6$	10	5100	8900
СУЗ	800	$1{,}9x10^3$	$1{,}0x10^6$	5	2720	5000

Из таблицы 4.18 видно, что:

– в режиме подзаряда АБ системы вентиляции вводить в работу не требуется, расчетный расход воздуха может быть обеспечен естественной тягой;

– расход воздуха систем вентиляции в режиме заряда АБ можно значительно уменьшить, например, до 50% расчетного расхода воздуха в режиме уравнительного заряда АБ.

На вытяжных системах вентиляции возможна установка двух вентиляторов, в режиме заряда АБ включается один вентилятор, в режиме уравнительного заряда АБ – два вентилятора. На приточных системах вентиляции возможна установка одного вентилятора, работающего в режиме заряда АБ; в режиме уравнительного заряда АБ приточные системы переводятся в режим естественной вентиляции.

Для обеспечения естественной вентиляции воздуховоды вытяжных систем вентиляции из помещений АБ следует вынести за пределы помещений УЗС и на них установить индивидуальные противовзрывные устройства.

Принципиальная схема систем вентиляции UV24, UV44 после возможной модернизации показана на рис. 4.17.

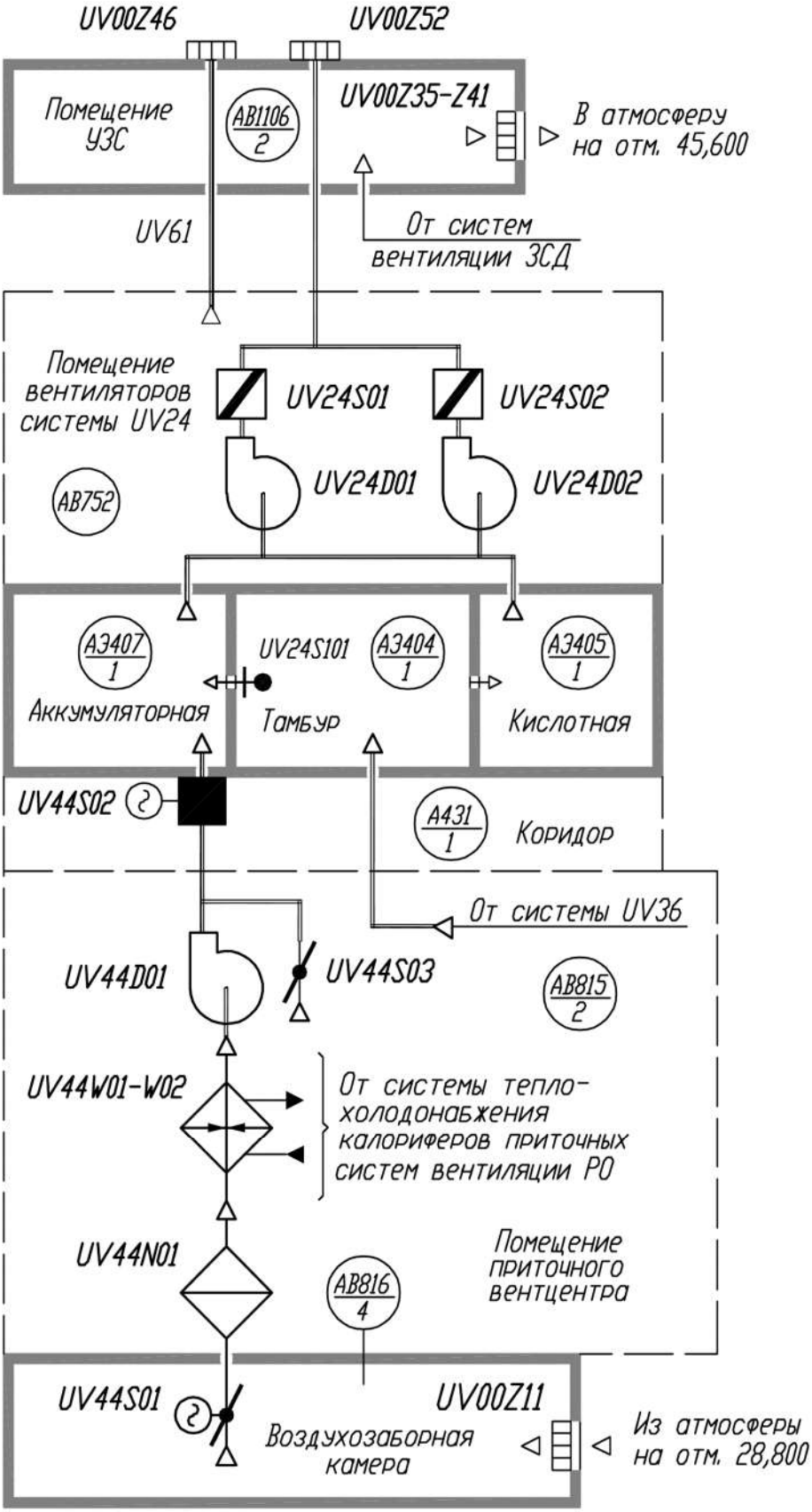


Рисунок 4.17 – Принципиальная схема систем вентиляции UV24, UV44 после возможной модернизации

Но в настоящее время модернизация систем вентиляции помещений АБ Запорожской АЭС не по силам.

4.6.3 Системы вытяжной вентиляции помещений ЗСД UV08, UV27-UV31, UV35, UV37, UV57

Особенности систем вытяжной вентиляции помещений ЗСД UV08, UV27-UV31, UV35, UV37, UV57 приведены в таблице 4.19.

Таблица 4.19

Обозначение системы	Назначение системы	Кол-во в/а	Наличие резерва	Особенности принципиальных схем
UV08	Вытяжная система из помещений щитов СУЗ	2	Есть	-
UV28	Вытяжная система из помещений БРУ-А, задвижек и насосов пожаротушения	2	Нет	Система состоит из двух независимых подсистем: UV28D01 и UV28D02. На блоках № 5, 6 согласно рабочей документации после вентиляторов установлены клапаны воздушные с электроприводом UV28S01 и UV28S02 соответственно
UV29	Вытяжная система из кабельных помещений I СБ	2	Есть	На стенах обслуживаемых помещений установлены клапаны противопожарные. Вытяжная вентиляция из помещений вентиляторов осуществляется этой же системой
UV30	Вытяжная система из кабельных помещений II СБ	2	Есть	На стенах обслуживаемых помещений установлены клапаны противопожарные. Вытяжная вентиляция из помещений вентиляторов осуществляется этой же системой
UV31	Вытяжная система из кабельных помещений III СБ	2	Есть	На стенах обслуживаемых помещений установлены клапаны противопожарные. Вытяжная вентиляция из помещений вентиляторов осуществляется этой же системой
UV35	Вытяжная система из кабельных этажей БПУ (на блоке № 1 – БПУ и УВС)	2	Есть	На блоке № 1 система дополнительно обслуживает помещение кабельного этажа УВС АЭ129. На стенах обслуживаемых помещений установлены клапаны противопожарные. На блоках № 1-3 рабочей документацией не предусмотрено отдельное помещение для вентиляторов систем UV35 и UV38, принято, что они установлены в трубопроводной шахте А414/1 на отм. 13,200. На блоках № 4-6 вентиляторы систем UV35 и UV38 установлены в отдельном помещении АВ425, вытяжная вентиляция из него осуществляется этой же системой
UV37	Вытяжная система из санузлов	4	Есть	Система состоит из двух независимых подсистем: UV37D01, D02 и UV37D03, D04
UV57	Вытяжная система из помещений РУСН 0,4 кВ	6	Есть	Система состоит из трех независимых подсистем: UV57D01, D02; UV57D03, D04 и UV57D05, D06

По первоначальной рабочей документации вентиляция помещений главных паропроводов и трубопроводов питательной воды выполнена следующим образом:

– от приточных систем вентиляции UV48D01 и UV48D02 воздух подается в помещения А826/1, 2 соответственно;

– вытяжные системы вентиляции UV28D01 и UV28D02 удаляют воздух из помещений А826/1, 2 и А910/1, 2.

При эксплуатации блоков Запорожской АЭС в теплый период года температура воздуха, подаваемого системами UV40D01-D03 и UV40D04-D06 в кожухи охлаждаемых проходок, была близкой к ВРГ (40 °С).

Для снижения температуры воздуха, подаваемого на проходки главных паропроводов и трубопроводов питательной воды, по техническому решению была выполнена модернизация воздуховодов системы UV27 в пределах помещений А910/1, 2.

Воздух от систем UV27D01, D02 и UV27D03, D04 вместо помещений АВ1106/1, 2 стал сбрасываться в помещения А910/1, 2, чем была снижена температура воздуха, подаваемого в кожухи охлаждаемых проходок.

Параметры воздуха в помещениях А826/1, 2 и А910/1, 2 показаны:

– по первоначальной рабочей документации – в таблице 4.20;

– после модернизации – в таблице 4.21.

Таблица 4.20

Обозначение помещения	Наименование помещения	Кол-во помещений	Объем помещения, м^3	Категория пожарной опасности	Расчетные тепло-поступления, Вт	Давление воздуха, Па	Приточная система							Вытяжная система						Средняя температура воздуха, °С	Кратность, 1/ч
							Расход воздуха, м^3/ч	Обозначение системы	Переток из помещения	Обозначение КИД	Температура воздуха, °С	Температура смеси, °С	Расход воздуха суммарный, м^3/ч	Расход воздуха, м^3/ч	Обозначение системы	Переток в помещение	Обозначение КИД	Расход воздуха суммарный, м^3/ч	Температура воздуха, °С		
А826/1	Помещение трубопроводов питательной воды и воздуховодов	1	510	Д	10 000	0	7250	UV48D01	-	-	30	30	7250	2700	UV28D01	-	-	7250	34	32	14
														4550	-	А910/1	-				
А826/2	Помещение трубопроводов питательной воды и воздуховодов	1	545	Д	8000	0	5300	UV48D02	-	-	30	30	5300	2150	UV28D02	-	-	5300	35	32	10
														3150	-	А910/2	-				
А910/1	Помещение бака техводы	1	295	Д	19 750	0	4550	-	А826/1	-	34	49	8060	4550	UV28D01	-	-	8060	57	53	27
							850	-	ТГ-1	-	73			3510	UV40D04-D06	-	-				
							850	-	ТГ-2	-	73										
							850	-	ТГ-5	-	63										
							850	-	ТГ-6	-	63										
							110	-	ТГ-51	-	43										
А910/2	Помещение бака техводы	1	295	Д	13 750	0	3150	-	А826/2	-	35	51	6950	3150	UV28D02	-	-	6950	58	55	24
							850	-	ТГ-3	-	73			3800	UV40D01-D03	-	-				
							850	-	ТГ-4	-	73										
							850	-	ТГ-7	-	63										
							850	-	ТГ-8	-	63										
							150	-	ТГ-9	-	43										
							150	-	ТГ-10	-	43										
							100	-	ТГ-52	-	43										

Таблица 4.21

Обозначение помещения	Наименование помещения	Кол-во помещений	Объем помещения, м^3	Категория пожарной опасности	Расчетные тепло-поступления, Вт	Давление воздуха, Па	Приточная система							Вытяжная система						Средняя температура воздуха, °С	Кратность, 1/ч
							Расход воздуха, м^3/ч	Обозначение системы	Переток из помещения	Обозначение КИД	Температура воздуха, °С	Температура смеси, °С	Расход воздуха суммарный, м^3/ч	Расход воздуха, м^3/ч	Обозначение системы	Переток в помещение	Обозначение КИД	Расход воздуха суммарный, м^3/ч	Температура воздуха, °С		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
А826/1	Помещение трубопроводов питательной воды и воздуховодов	1	510	Д	10 000	0	7250	UV48D01	-	-	30	30	7250	2700	UV28D01	-	-	7250	34	32	14
														4550	-	А910/1	-				
А826/2	Помещение трубопроводов питательной воды и воздуховодов	1	545	Д	8000	0	5300	UV48D02	-	-	30	30	5300	2150	UV28D02	-	-	5300	35	32	10
														3150	-	А910/2	-				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
A910/1	Помещение бака техводы	1	295	Д	19 750	0	4550	-	A826/1	-	34	37	18 060	4550	UV28D01	-	-	18 060	40	36	61
							10 000	UV27D01, D02	-	-	30			3510	UV40D04-D06	-	-				
							850	-	ТГ-1	-	64			10 000	-	A820	-				
							850	-	ТГ-2	-	64										
							850	-	ТГ-5	-	54										
							850	-	ТГ-6	-	54										
							110	-	ТГ-51	-	34										
A910/2	Помещение бака техводы	1	295	Д	13 750	0	3150	-	A826/2	-	35	37	17 250	3150	UV28D02	-	-	17 250	39	35	58
							10 300	UV27D03, D04	-	-	30			3800	UV40D01-D03	-	-				
							850	-	ТГ-3	-	64			10 300	-	A820	-				
							850	-	ТГ-4	-	64										
							850	-	ТГ-7	-	54										
							850	-	ТГ-8	-	54										
							150	-	ТГ-9	-	34										
							150	-	ТГ-10	-	34										
							100	-	ТГ-52	-	34										

4.6.4 Системы приточной вентиляции в помещения ЗСД

Особенности систем приточной вентиляции в помещения ЗСД UV03, UV32, UV36, UV38, UV47-UV51, UV56 приведены в таблице 4.22.

Таблица 4.22

Обозначение системы	Назначение системы	Кол-во в/а	Наличие резерва	Смежные системы	Особенности принципиальных схем
UV03	Приточная система в помещения щитов СУЗ	2	Есть	UX21, UM41	-
UV32	Система создания избыточного давления воздуха в тамбурах помещений аккумуляторных и вытяжных венткамер	2	Есть	UM41	На блоках № 1, 2 рабочей документацией не предусмотрена
UV36	Система создания избыточного давления воздуха в тамбурах помещений аккумуляторных и вытяжных венткамер	2	Есть	UM41	На блоках № 1, 2 рабочей документацией не предусмотрена. На блоке № 6 оборудование по чертежу ГРП перенесено на отм. 28,800 для удобства обслуживания
UV38	Приточная система в кабельные этажи БПУ (на блоке № 1 – БПУ и УВС)	2	Есть	-	См. особенности принципиальной схемы системы UV35
UV47 D01, D02	Приточная система в помещения приточных вентцентров	2	Есть	UX21, UM41	-
UV47 D03, D04	Приточная система в помещения приточных вентцентров и АБП УВС	2	Есть	UX21, UM41	-
UV48	Приточная система в помещения БРУ-А, задвижек и насосов пожаротушения	2	Нет	UX21, UM41	Система состоит из двух независимых подсистем: UV48D01 и UV48D02. По чертежу ГРП внесены изменения в конфигурацию воздуховодов в помещении А820 (см. рис. 4.19)
UV49	Приточная система в кабельные помещения I СБ	2	Нет	-	На блоках № 1, 2, 5, 6 система состоит из двух клапанов воздушных утепленных с электроприводом; на блоках № 3, 4 – из клапанов противопожарных нормально открытых с электроприводом
UV50	Приточная система в кабельные помещения II СБ	2	Есть	-	На стенах обслуживаемых помещений установлены клапаны противопожарные

Обозначение системы	Назначение системы	Кол-во в/а	Наличие резерва	Смежные системы	Особенности принципиальных схем
UV51	Приточная система в кабельные помещения III СБ	2	Нет	-	На блоках № 1, 2, 5, 6 система состоит из двух клапанов воздушных утепленных с электроприводом; на блоках № 3, 4 – из клапанов противопожарных нормально открытых с электроприводом
UV56	Приточная система в помещения РУСН 0,4 кВ	6	Есть	UX21, UM41	Система состоит из трех независимых подсистем: UV57D01, D02; UV57D03, D04 и UV57D05, D06
Условные обозначения: UX21 – ПЭМ UX21H01; UM41 – система теплоснабжения.					

Рассмотрим изменения, внесенные по чертежу ГРП в конфигурацию воздуховодов систем UV48D01, UV48D02 в помещении А820.

Помещение БРУ-А А820 обслуживают работающие одновременно системы:

- приточной вентиляции UV48D01 и UV48D02;
- вытяжной вентиляции UV28D01 и UV28D02.

Проектный воздухообмен в помещении А820 определен 2 х 50 000 = 100 000 м^3/ч.

На рис. 4.18 показаны воздуховоды приточной системы вентиляции UV48D01 в помещении А820. В воздуховод (1600х1000) мм выполнена врезка (500х1000) мм для подачи воздуха в другие помещения ЗСД и установлены сетки для подачи воздуха в помещение А820.

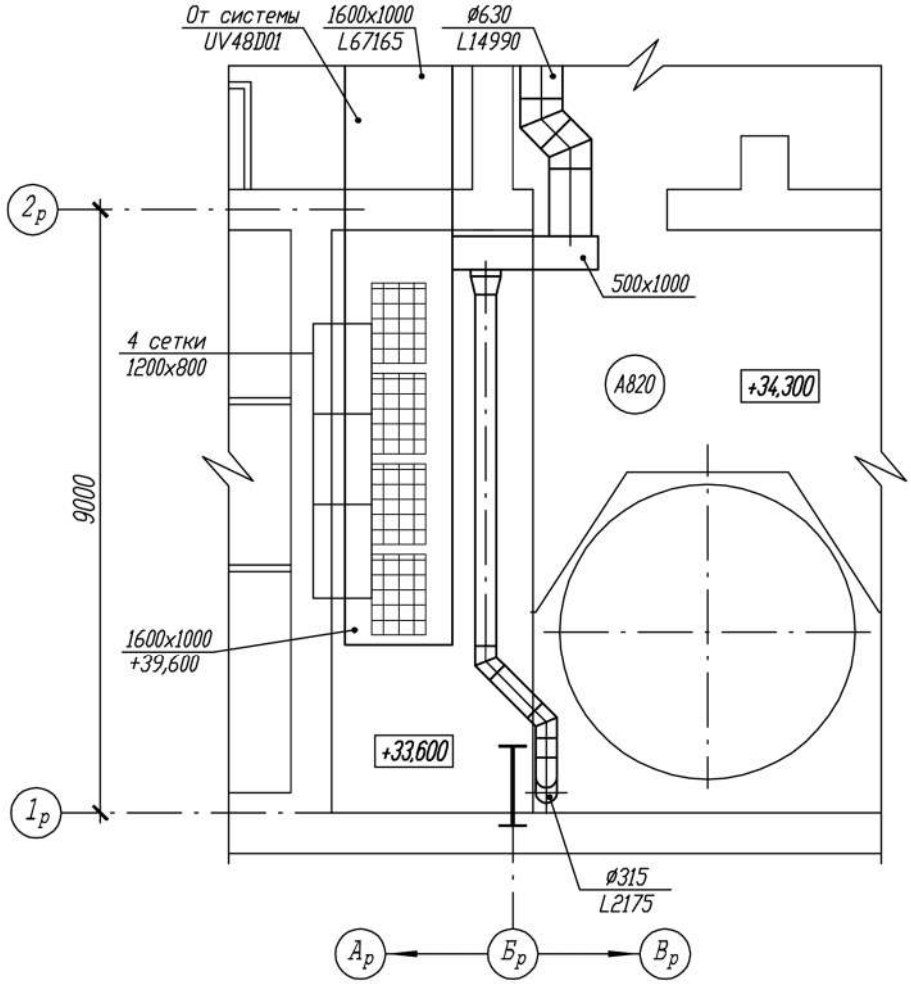


Рисунок 4.18 – Фрагмент системы UV48D01 в помещении А820 по рабочей документации

При проектном расходе воздуха 50 000 м^3/ч скорость движения воздуха в воздуховоде после врезки (500х1000) мм равна 8,68 м/с. По табл. 9.3 [219] полное давление воздуха в месте врезки равно 50 Па.

Этого давления воздуха недостаточно для преодоления потерь давления воздуха в воздуховодах, подающих воздух в другие помещения ЗСД. Кроме этого, практически во всем объеме помещения А820 образуется застойная зона, допускаемые параметры микроклимата для ремонтного персонала в теплый период года не обеспечивались.

По чертежу ГРП на воздуховоде был установлен переход с сеткой (1000х1000) мм, при расчетной скорости движения воздуха на выходе из сетки 13,9 м/с по табл. 9.3 [219] полное давление воздуха в месте врезки равно 150 Па.

Этого значения давления воздуха оказалось достаточно для преодоления потерь давления воздуха в воздуховодах, подающих воздух в другие помещения ЗСД. Кроме этого, струи приточного воздуха доходили практически до середины помещения, обеспечивая допускаемые параметры микроклимата для ремонтного персонала.

Фрагмент чертежа ГРП показан на рис. 4.19.

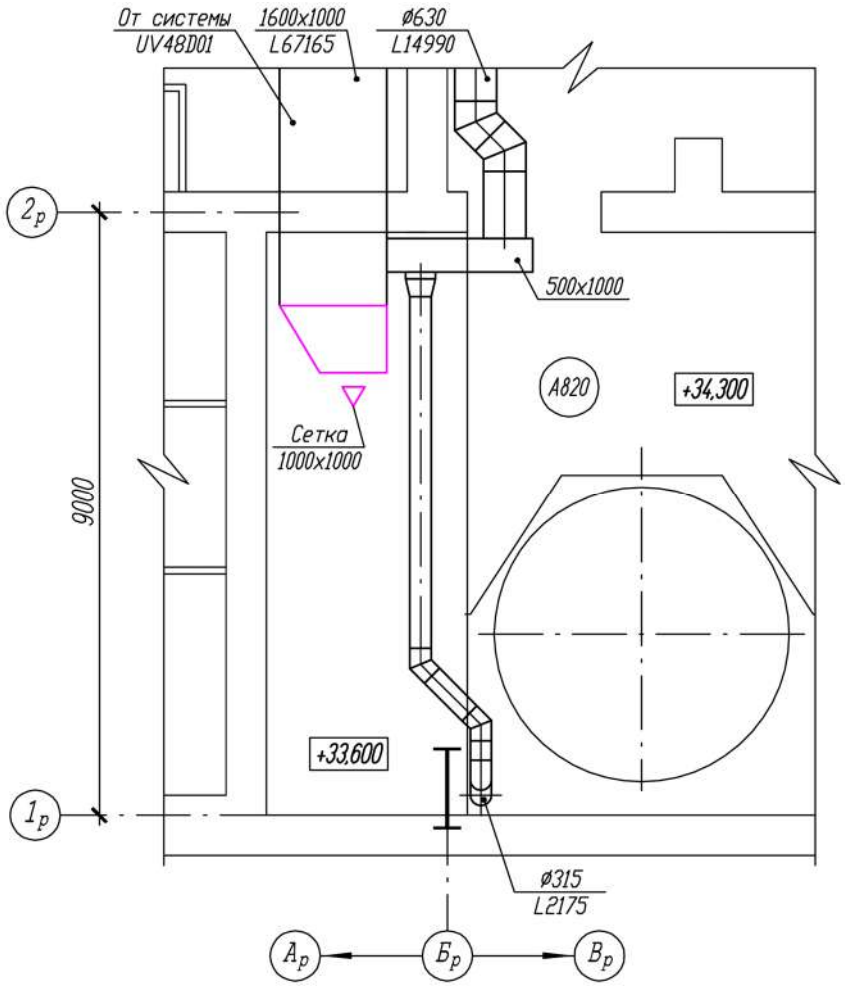


Рисунок 4.19 – Фрагмент системы UV48D01 в помещении А820 по чертежу ГРП

Рабочей документацией блоков № 1-4 Запорожской АЭС были предусмотрена подача воздуха в помещения пультовых перегрузочной машины и полярного крана от системы приточной вентиляции UV56D05, D06 и удаление системой вытяжной вентиляции UV57D05, D06.

В связи с тем, что в ППР блока ПЭМ UX21H01 работать не могла, в помещение пультовой перегрузочной машины и полярного крана в теплый период года подавался наружный воздух без охлаждения, при этом температура воздуха в помещениях доходила до 35 °С.

По чертежу ГРП помещения пультовой перегрузочной машины и полярного крана были переведены в ЗКД, отключены от систем вентиляции UV56D05, D06; UV57D05, D06 и подключены к системе кондиционирования воздуха TL16 (см. 4.7.12 настоящего пособия) и системам вентиляции TL25, TL45.

4.7 Системы кондиционирования воздуха

4.7.1 История появления систем кондиционирования воздуха в рабочей документации

В проекте I очереди Запорожской АЭС предусматривалась установка в РО только одного автономного кондиционера на блок для обеспечения оптимальных метеорологических условий для персонала БПУ.

В то время постановка на производство электрической и электронной аппаратуры производилась по карточкам-заявкам Министерства энергетики СССР, в которых были указаны требования к работоспособности оборудования при температуре окружающей среды 40 °С; 45 °С или 50 °С. При расчетной температуре наружного воздуха 27,1 °С (параметр А) в теплый период года на площадке Запорожской АЭС (см. 1.6 настоящего пособия) указанную температуру воздуха в помещениях с аппаратурой вполне можно было обеспечить средствами вентиляции.

Но разработчики ТУ на электрическую и электронную аппаратуру, зная требования к параметрам окружающей среды комплектующих изделий, заложили в ТУ реальные значения рабочей температуры воздуха, чаще всего (25±5) °С, реже (25±10) °С.

И на стадии разработки рабочей документации АТЭП был вынужден:

– изменять компоновку помещений с электрической и электронной аппаратурой;

– выделять отдельные помещения для оборудования систем кондиционирования воздуха;

– проектировать системы кондиционирования воздуха;

– обеспечивать автономные кондиционеры электроэнергией, технической водой;

– предусматривать отвод конденсата;

– предусматривать блокировки АСП и АПС.

Всего на блоке № 1 Запорожской АЭС первоначальной рабочей документацией было предусмотрено 7 систем кондиционирования воздуха и 46 автономных кондиционеров.

Расположение оборудования систем кондиционирования воздуха оказалось не самым лучшим, например, помещения автономных кондиционеров на отм. 24,600 находятся над помещениями РУСН и КРУ-6 кВ на отм. 20,400, при эксплуатации блоков неоднократно имели место протечки технической воды и конденсата на электрооборудование через воздуховоды и перекрытие.

При разработке рабочей документации систем кондиционирования воздуха АТЭП приняты технические решения, не учитывающие особенности применяемых автономных кондиционеров:

– количество работающих кондиционеров принято, исходя из номинальной холодопроизводительности (в реальных условиях эксплуатации на АС она недостижима, см. 13.10 настоящего пособия);

– так как конструкция кондиционеров не предусматривала подключение рециркуляционных воздуховодов к ним, воздуховоды подводились с лицевой стороны, блокируя панель управления и манометры для измерения давления хладона и масла;

– помещения автономных кондиционеров загромождены воздуховодами, что крайне затрудняет техническое обслуживание и ремонт оборудования;

– на выходных патрубках кондиционеров установлены гибкие вставки с расчетной скоростью движения воздуха в них 18,5 м/с, что приводит к потерям давления воздуха только на них 200 Па при номинальном значении расхода воздуха (при запасе полного давления воздуха 400 Па);

– было предусмотрено дистанционное управление автономными кондиционерами систем UV01, UV02 с РПУ и БПУ соответственно, для чего в сборках были установлены автоматические выключатели с дистанционным управлением. Однако заводской схемой кондиционера предусмотрено, что для ввода его в работу необходимо нажать кнопку на панели управления. Таким образом, ввести в работу автономные кондиционеры после обесточения мог только оперативный персонал;

– на воздуховодах после вентиляторов установлены заслонки воздушные с электроприводом, они открываются при подаче напряжения на щит управления соответствующего автономного кондиционера, независимо от того, введен в работу он или нет. Закрываются заслонки воздушные при снятии напряжения со щита управления;

– не обеспечивался паспортный расход технической воды на конденсаторы автономных кондиционеров (см. 6.2 настоящего пособия);

– на конденсаторы автономных кондиционеров системы рабочей документацией была предусмотрена подача технической воды (предельно допускаемая температура по паспорту 28 °С):

- UV10 – группы «В» с проектной температурой до 34 °С;
- остальных систем кондиционирования воздуха – группы «А» с проектной температурой до 33 °С;

– не предусмотрены съемные участки трубопроводов технической воды для возможности доступа к трубкам конденсаторов для их чистки.

Из-за превышения предельно допускаемой температуры и недостаточного расхода технической воды при первом вводе в работу летом 1984 года систем кондиционирования воздуха автономные кондиционеры отключались аварийной защитой по высокому давлению хладона.

Только выпуск части хладона из автономных кондиционеров позволил работать системам кондиционирования воздуха блоков № 1, 2 Запорожской АЭС без аварийных отключений оборудования.

Для блоков № 3-6 Запорожской АЭС ГРП были разработаны отдельные чертежи, направленные на улучшение работы систем кондиционирования воздуха, а именно:

– увеличены диаметры трубопроводов технической воды группы «А» от врезок в коллекторы до патрубков автономных кондиционеров;

– в помещениях автономных кондиционеров, смежных с обслуживаемыми помещениями, из состава систем кондиционирования воздуха исключены рециркуляционные воздуховоды, забор воздуха производился из соответствующих помещений. На других системах кондиционирования воздуха изменено расположение оборудования, рециркуляционные воздуховоды подведены к нерабочей стороне автономных кондиционеров;

– конденсаторы автономных кондиционеров системы UV10 переведены на охлаждение технической водой группы «А»;

– изменена конфигурация участков воздуховодов на выходе автономных кондиционеров для снижения потерь давления воздуха в них;

– заслонки воздушные с электроприводом на выходе автономных кондиционеров заменены обратными клапанами.

В качестве примера рассмотрим фрагмент рабочей документации системы UV07D01-D03 блока № 3 и соответствующий чертеж ГРП.

В рабочей документации указанной системы исключены рециркуляционные воздуховоды, заслонки воздушные с электроприводом заменены обратными клапанами, но расположение автономных кондиционеров сохранено.

Фрагмент рабочей документации системы UV07D01-D03 блока № 3 приведен на рис. 4.20.

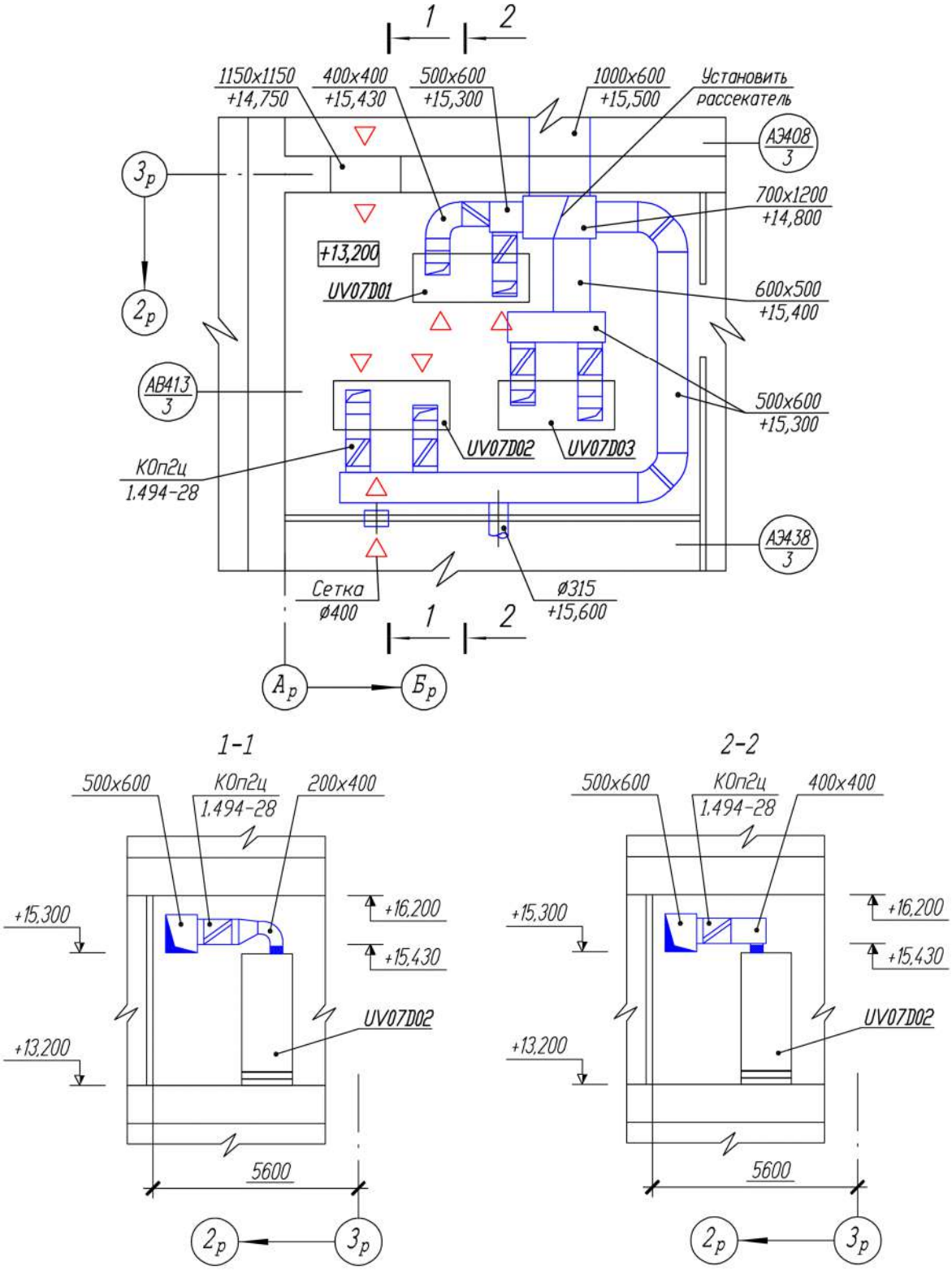


Рисунок 4.20 – Фрагмент рабочей документации системы UV07D01-D03 блока № 3

Видно, что из-за множества местных сопротивлений воздуховодов проектный расход воздуха обеспечить не получится.

По этой причине был разработан чертеж ГРП, приведенный на рис. 4.21.

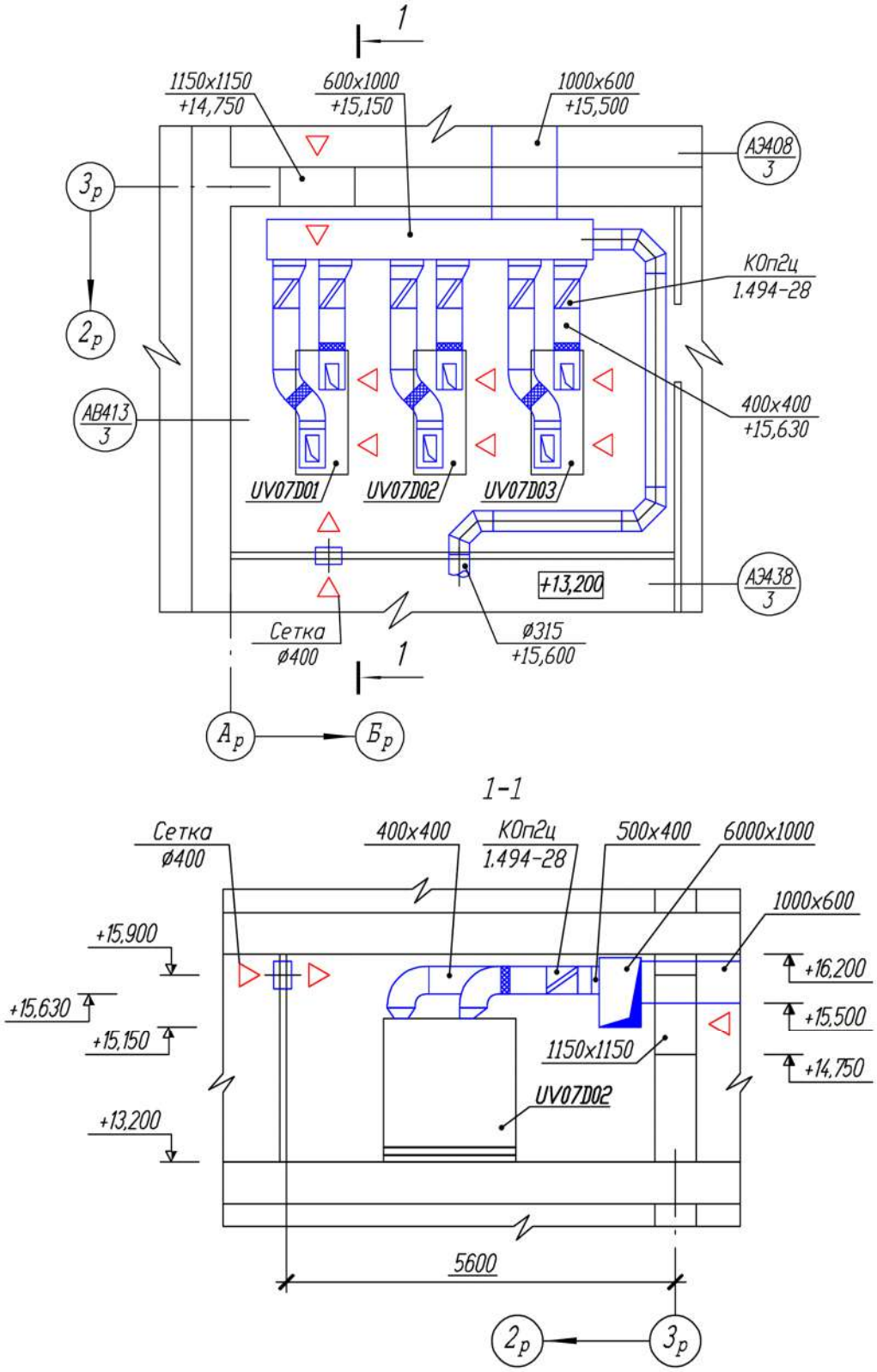


Рисунок 4.21 – Фрагмент чертежа ГРП системы UV07D01-D03 блока № 3

По чертежу ГРП, кроме изменения расположение автономных кондиционеров:

– на выходных патрубках автономных кондиционеров были установлены переходы на сечение воздуховода (400х400) мм;

– изменены размеры гибких вставок, они перенесены на воздуховоды (400х400) мм;

– перед обратными клапанами установлены прямые участки воздуховодов длиной не менее 500 мм;

– врезки воздуховодов (400х400) мм в коллектор выполнены размером (500х400) мм с установкой переходов.

Перечисленные изменения в конструкции воздуховодов существенно снизили потери давления воздуха в местных сопротивлениях, при ПНР системы кондиционирования воздуха UV07 подтвержден ее проектный расход воздуха.

Аналогичные чертежи ГРП были разработаны для остальных систем кондиционирования воздуха, применялись на блоках № 3-6 и при модернизации указанных систем.

Проблемы систем кондиционирования воздуха на блоке № 1 были решены при их модернизации с заменой оборудования, воздуховодов и трубопроводов, проблемы систем кондиционирования воздуха на блоке № 2 планируется решить при их модернизации.

4.7.2 Система кондиционирования воздуха РПУ UV01

Система кондиционирования воздуха РПУ UV01 предназначена для снятия тепловыделений и поддержания в указанном помещении температуры воздуха (20±5) °С в соответствии с техническими условиями на аппаратуру.

Принципиальная схема системы UV01 по первоначальной рабочей документации показана:

– блоков № 1-4 – на рис. 4.22;
– блоков № 5, 6 – на рис. 4.23.

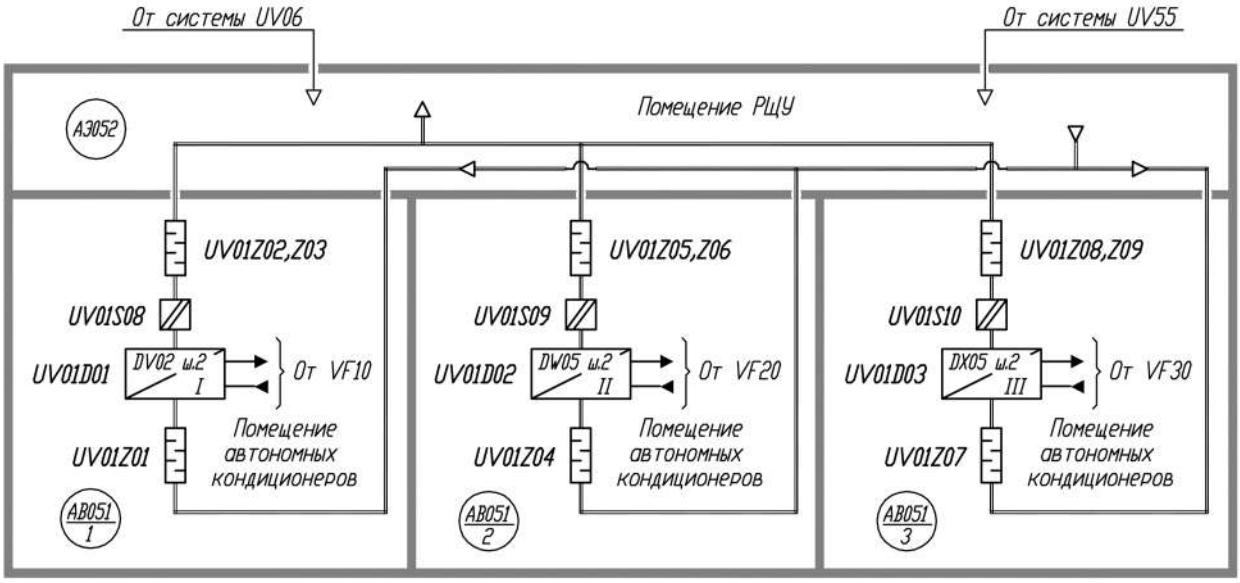
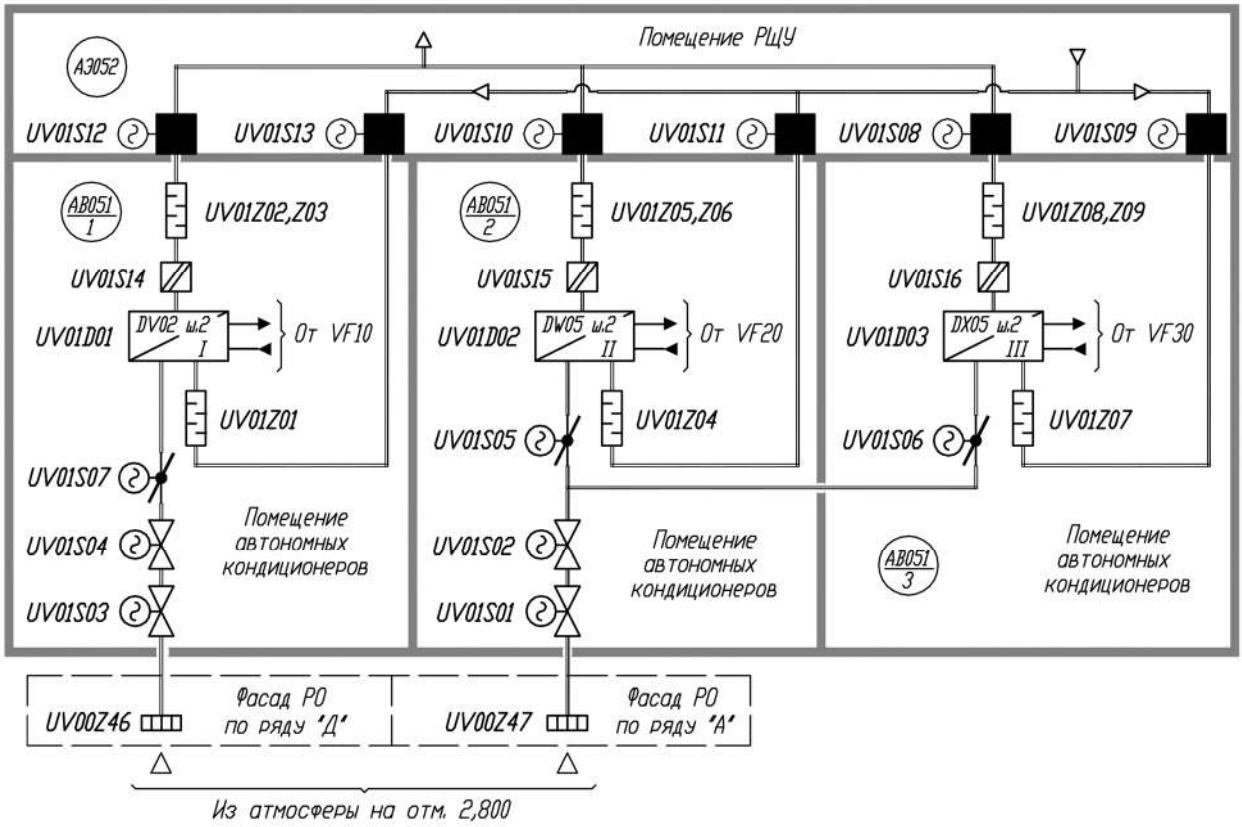


Рисунок 4.22 – Принципиальная схема системы UV01 на блоках № 1-4



Примечание – противопожарные клапаны установлены только на блоке № 6.

Рисунок 4.23 – Принципиальная схема системы UV01 на блоках № 5, 6

Автономные кондиционеры системы UV01 на блоках № 1-4 работают в режиме 100% рециркуляции, подачу наружного воздуха в помещении РПУ обеспечивают:

- в режиме нормальной эксплуатации блока – система UV06;
- при общей радиационной аварии – система UV55.

На блоках № 5, 6 рабочей документацией было предусмотрено отключение помещения РПУ от систем UV06 и UV55. Для подачи наружного воздуха были предусмотрены:

- противовзрывные устройства;
- клапаны герметичные вентиляционные;
- заслонки воздушные с электроприводом.

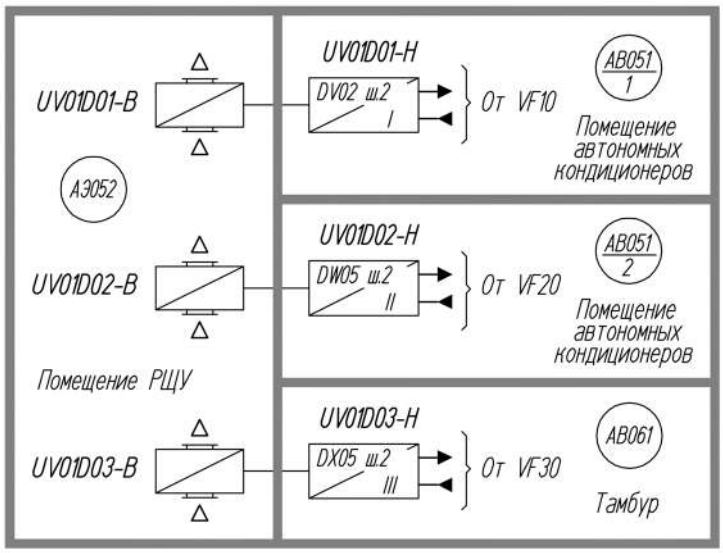
Наружный воздух к автономным кондиционерам подводился к отдельным патрубкам. Клапаны герметичные вентиляционные управляются:

- на блоке № 5 – с БУИМ;
- на блоке № 6 – с БУЗ.

Заслонки воздушные с электроприводом сблокированы с соответствующими автономными кондиционерами.

При модернизации систем кондиционирования воздуха блоков № 1, 3, 4, 5 на системе UV01 были установлены автономные кондиционеры раздельного типа. В помещении РПУ установлены внутренние блоки, в помещениях автономных кондиционеров – наружные блоки. Между собой внутренние и наружные блоки соединяются хладоновыми трубопроводами.

Принципиальная схема системы UV01 после модернизации показана на рис. 4.24.



Примечание – номера помещений на блоке № 1 другие.

Рисунок 4.24 – Принципиальная схема системы UV01 после модернизации

В настоящее время на блоках № 1, 3, 4, 5 Запорожской АЭС помещения РПУ временно остались без подачи наружного воздуха до монтажа и ввода в эксплуатацию аварийных приточных систем вентиляции.

Входящие в состав системы UV01 блоков № 5, 6 противовзрывные устройства, клапаны герметичные вентиляционные UV01S01-S04 и трубопроводы наружного воздуха (на блоке № 5 выведены из работы) будут использованы для аварийных приточных систем вентиляции РПУ.

4.7.3 Система кондиционирования воздуха БПУ UV02

Система кондиционирования воздуха БПУ UV02 предназначена для снятия тепловыделений и поддержания в помещениях оперативного контура БПУ и панелей УКТС (ПТК) СНЭ температуры воздуха (20±5) °С в соответствии с техническими условиями на аппаратуру.

Система UV02 состоит из двух независимых подсистем:

– кондиционирования воздуха помещения оперативного контура БПУ UV02D01, D02, D07;

– кондиционирования воздуха помещения панелей УКТС (ПТК) СНЭ UV02D03-D06.

Автономные кондиционеры системы UV02 установлены:

– UV02D01, D02; UV02D03, D04; UV02D05, D06 – в отдельных помещениях автономных кондиционеров на отм. -4,200;

– UV02D07 – в помещении автономных кондиционеров АВ349 на отм. 6,600.

Автономные кондиционеры UV02D01, D02, D07 подключены к трем каналам СБ систем электроснабжения и технического водоснабжения группы «А», автономные кондиционеры UV02D03-D06 – к двум каналам.

При модернизации систем кондиционирования воздуха на блоках № 3, 4, 5 Запорожской АЭС внутри помещения АВ051/1 была построена перегородка и выделено помещение АВ051/4, в которое перенесены автономные кондиционеры UV02D01А, UV02D01Б, входящие в состав II канала СБ.

Таким образом, было устранено отступление от НД (в одном помещении находилось оборудование, входящее в состав двух каналов СБ, см. 7.1.2 настоящего пособия).

По чертежу ГРП к воздуховодам подсистемы UV02D05, D06 было подключено помещение узла связи АЭ346.

На блоках № 3, 4 на воздуховодах системы UV02 были установлены противопожарные клапаны.

4.7.4 Система кондиционирования воздуха помещений УВС UV04

Система кондиционирования воздуха UV04 предназначена для снятия тепловыделений и поддержания в помещениях УВС температуры воздуха (20±5) °С в соответствии с техническими условиями на вычислительный комплекс.

Различия в устройстве системы кондиционирования воздуха UV04 на разных блоках показано в таблице 4.23.

Таблица 4.23

Основные технические решения	Блок № 1 до модернизации	Блок № 1 после модернизации	Блоки № 2-6
Оперативные обозначения автономных кондиционеров, обслуживающих помещения:			
− АЭ128/1	UV04D01, D02	UV04D01-D06	UV04D01-D03
− АЭ128/2	UV04D03, D04		UV04D04-D06
− АЭ128/3	UV04D05, D06		
Место установки автономных кондиционеров	АВ051/1, 2; АЭ129	АВ051/1, 2	АВ129

На конденсаторы автономных кондиционеров предусмотрена подача технической воды группы «А» от двух каналов СБ.

Подключение конденсаторов автономных кондиционеров к каналам СБ системы электроснабжения и системы технического водоснабжения группы «А» на блоках № 2-6 показано в таблице 4.24.

Таблица 4.24

Обслуживаемые помещения	Автономные кондиционеры	Подключение к каналу СБ электроснабжения	Подключение к каналам системы техводоснабжения группы «А»	
			VF10	VF20
АЭ128/1	UV04D01, D02	II	-	UV04D01, D02
	UV04D03	I	UV04D03	-
АЭ128/2, 3	UV04D04, D06	I	UV04D04, D06	-
	UV04D05	II	-	UV04D05

Из таблицы 4.24 видно, что при выводе II канала СБ в ремонт охлаждать воздух в помещении АЭ128/1 будет в состоянии только автономный кондиционер UV04D03, а его холодопроизводительности недостаточно для поддержания в помещении АЭ128/1 проектной температуры воздуха.

На блоках № 2-6 Запорожской АЭС по сравнению с блоком № 1 было изменено место расположения автономных кондиционеров, разделение системы кондиционирования воздуха UV04 по обслуживаемым помещениям и система воздухораспределения в помещениях АЭ128/1-3.

На рис. 4.25 показана система воздухораспределения в помещении АЭ128/1.

Для сбора охлажденного воздуха предусмотрен коллектор, на котором установлены шумоглушители. Охлажденный воздух через отверстия в перфорации подвесного потолка выходил в обслуживаемое помещение, нагретый воздух забирался автономными кондиционерами через проем в стене, заполненный шумоглушителями.

По причине неравномерного распределения стоек УВС по площади помещения АЭ128/1 (на рис. 4.25 они показаны пунктирными линиями) система кондиционирования воздуха работала следующим образом:

– плотно установленные стойки УВС встроенными вентиляторами выбрасывали нагретый воздух в пространство под подвесным потолком, образовавшаяся воздушная подушка препятствовала выходу охлажденного воздуха из подвесного потолка;

– в месте расположения рабочего места инженера охлажденный воздух беспрепятственно выходил из подвесного потолка и растекался по полу помещения.

Результатом такого распределения воздуха стало:

– поддержание температуры воздуха в месте расположения стоек УВС в диапазоне (27-30) °С;

– поддержание температуры воздуха в месте расположения рабочего места инженера в диапазоне (16-18) °С.

На Запорожской АЭС стойки УВС регулярно выходили из строя, считалось, что причиной этому было превышение значений температуры воздуха в помещениях, указанных в паспортах электронного оборудования.

И инженеры УВС на рабочих местах чувствовали дискомфорт.

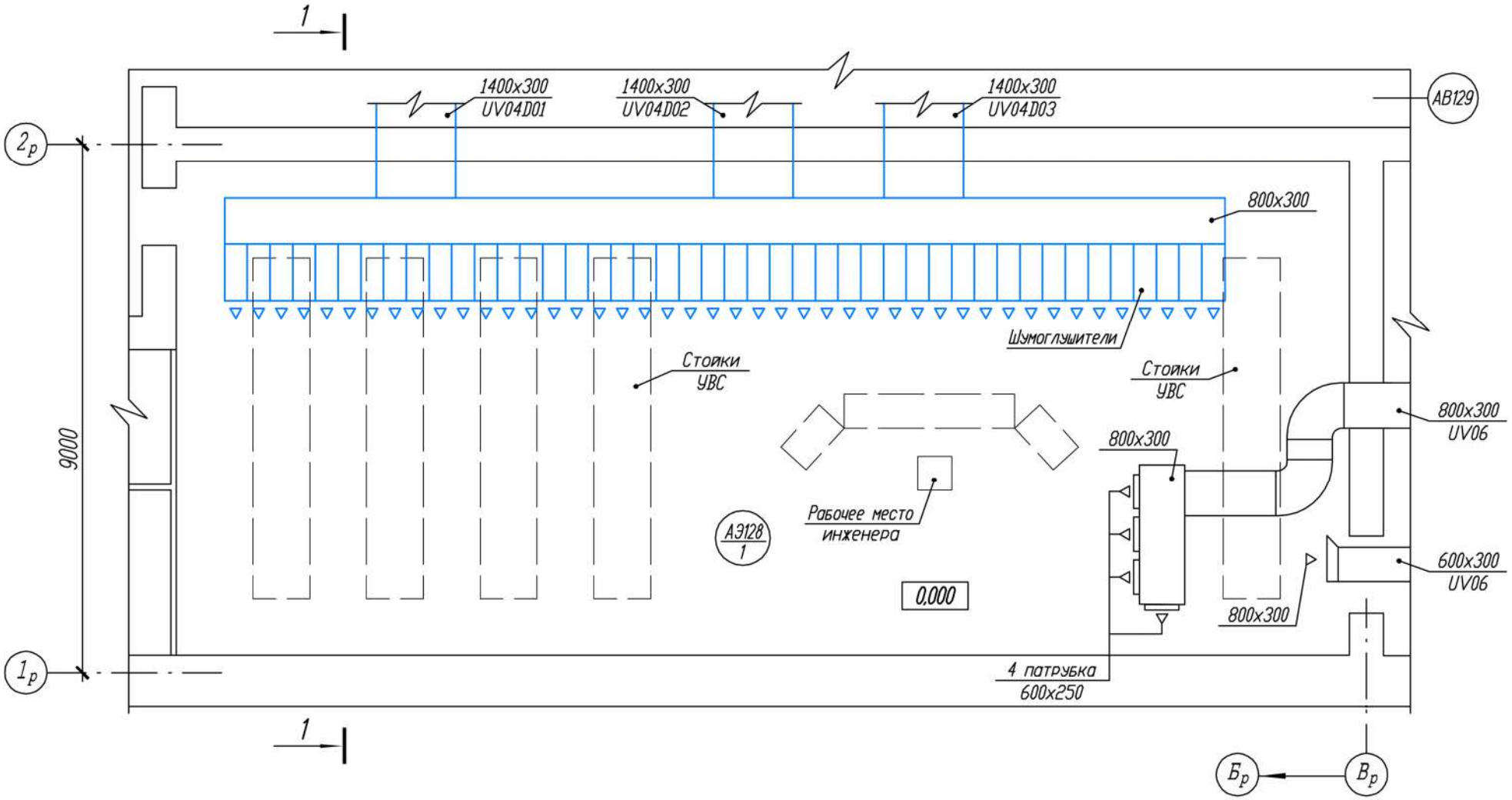


Рисунок 4.25 – Воздуховоды систем кондиционирования воздуха UV04, UV06 в помещении АЭ128/1 на блоке № 2 Запорожской АЭС

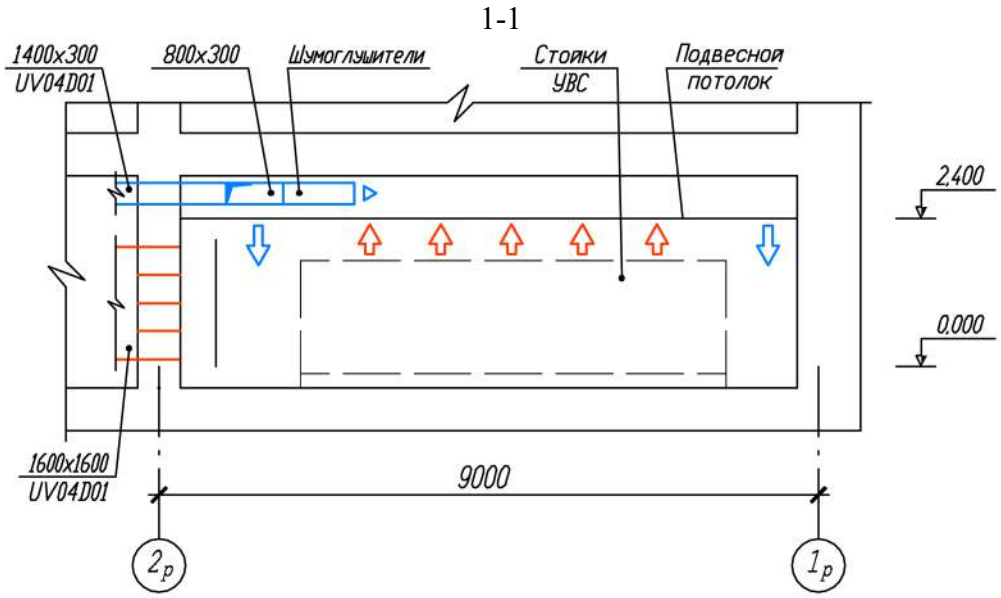


Рисунок 4.25, страница 2

Для решения данной проблемы был выпущен чертеж ГРП, по которому (см. рисунок 4.26):

– после шумоглушителей для сбора охлажденного воздуха устанавливался еще один коллектор;

– внутри подвесного потолка устанавливались металлические перегородки, разделявшие пространство на отсеки;

– в три отсека подавался охлажденный воздух с расходом, пропорциональным тепловым нагрузкам, в четвертом отсеке собирался нагретый воздух;

– из двух отсеков охлажденный воздух подавался по кратчайшему пути к воздухозаборным решеткам стоек УВС;

– для подачи нагретого воздуха к автономным кондиционерам были смонтированы отдельные воздуховоды.

Результатом такого распределения воздуха стало:

– поддержание температуры воздуха в месте расположения воздухозаборных решеток стоек УВС в диапазоне (16-18) °С;

– поддержание температуры воздуха в месте расположения рабочего места инженера в диапазоне (22-24) °С.

Из-за этого стойки УВС реже стали выходить из строя, а причины этого уже нельзя было связать с повышенной температурой воздуха в помещении АЭ128/1.

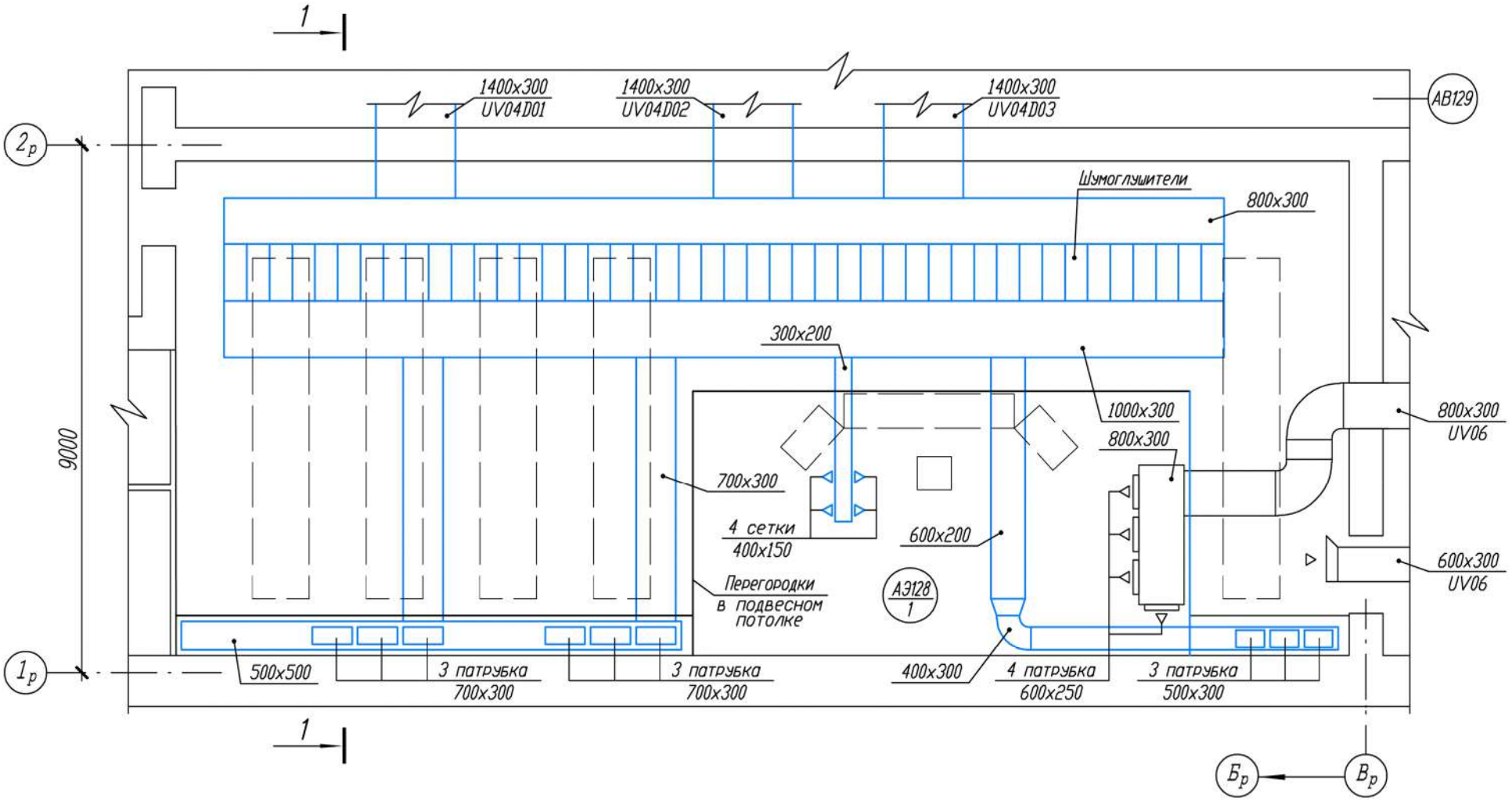


Рисунок 4.26 – Воздуховоды систем кондиционирования воздуха UV04, UV06 в помещении АЭ128/1 на блоках № 3-6 Запорожской АЭС

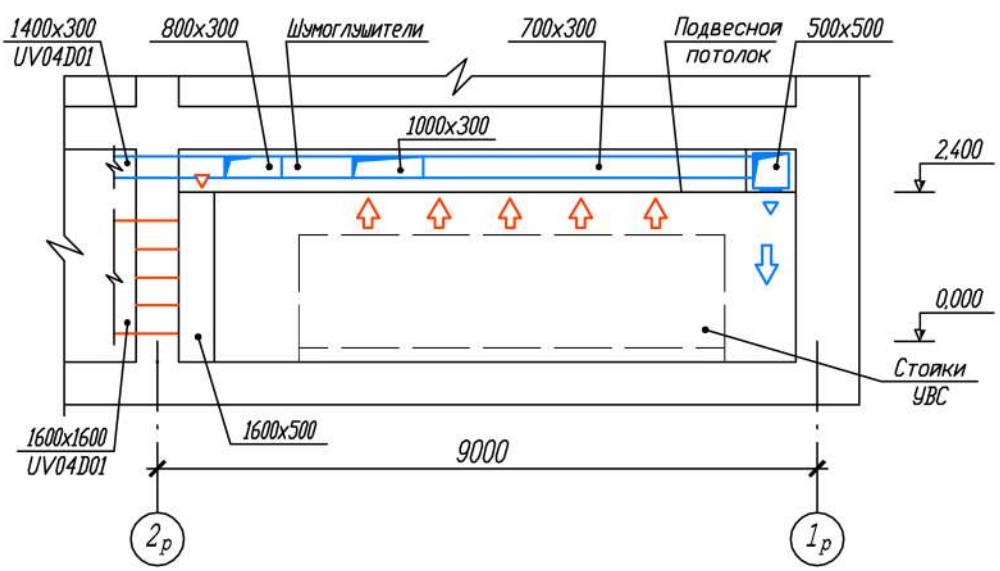


Рисунок 4.26, страница 2

Проблемы воздухораспределения в помещении АЭ128/1 на блоке № 2 планируется решить при модернизации систем кондиционирования воздуха.

При модернизации системы UV04 воздуха на блоках № 1, 3, 4, 5 были выполнены следующие работы:

– заменены автономные кондиционеры на сейсмостойкие;

– заменены обратные клапаны на сейсмостойкие;

– заменены воздуховоды в пределах помещений автономных кондиционеров;

– заменены трубопроводы технической воды группы «А»;

– на блоках № 3, 4 установлены противопожарные клапаны на воздуховодах между помещениями АВ129 и АЭ128/1-3.

4.7.5 Система центрального кондиционирования воздуха помещений БПУ и УВС (БПУ, РПУ и УВС) UV06

По первоначальной рабочей документации, система центрального кондиционирования воздуха БПУ, РПУ и УВС (на блоках № 5, 6 – БПУ и УВС) UV06 предназначена для:

– обеспечения избыточного давления воздуха не менее 2 кгс/м^2 (20 Па) в помещениях БПУ и УВС по требованиям противопожарных норм проектирования;

– поддержания нормируемой запыленности и относительной влажности воздуха в помещении УВС для обеспечения условий работы стоек и устройств внешней памяти;

– обеспечения санитарно-гигиенических норм для персонала, работающего в помещениях БПУ и УВС.

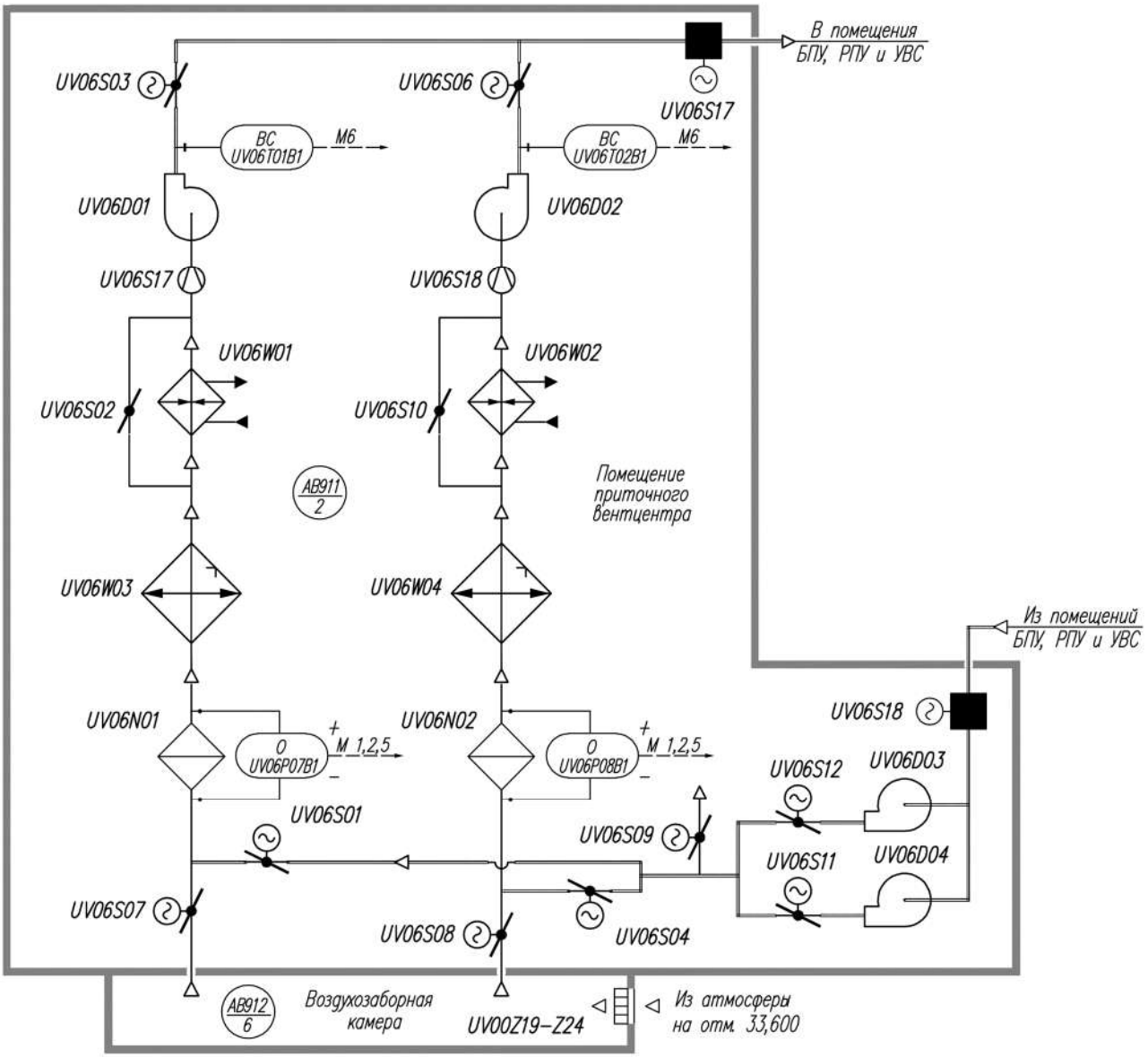
Система UV06 должна работать с постоянным расходом наружного воздуха (20% от проектного расхода воздуха приточного вентилятора), остальные 80% расхода воздуха – рециркуляция из обслуживаемых помещений.

Значение расхода воздуха рециркуляционного вентилятора в рабочей документации указано на 20% менее расхода воздуха приточного вентилятора.

Первоначально в помещениях УВС были установлены ЭВМ с внешними запоминающими устройствами на магнитных носителях, в помещениях которых нормировались размер и концентрация пылинок.

По этой причине на приточном воздуховоде системы UV06 блоков № 5, 6 были установлены фильтры аэрозольные Д-23кл в корпусах Ду350.

Принципиальные схемы системы кондиционирования воздуха UV06 приведены на рис. 4.27, 4.28, 4.29.



Примечание – На блоках № 5, 6 система кондиционирования воздуха UV06 обслуживает только помещения БПУ и УВС.

Рисунок 4.27 – Принципиальная схема системы кондиционирования воздуха UV06 на блоках № 1, 2, 5, 6 Запорожской АЭС

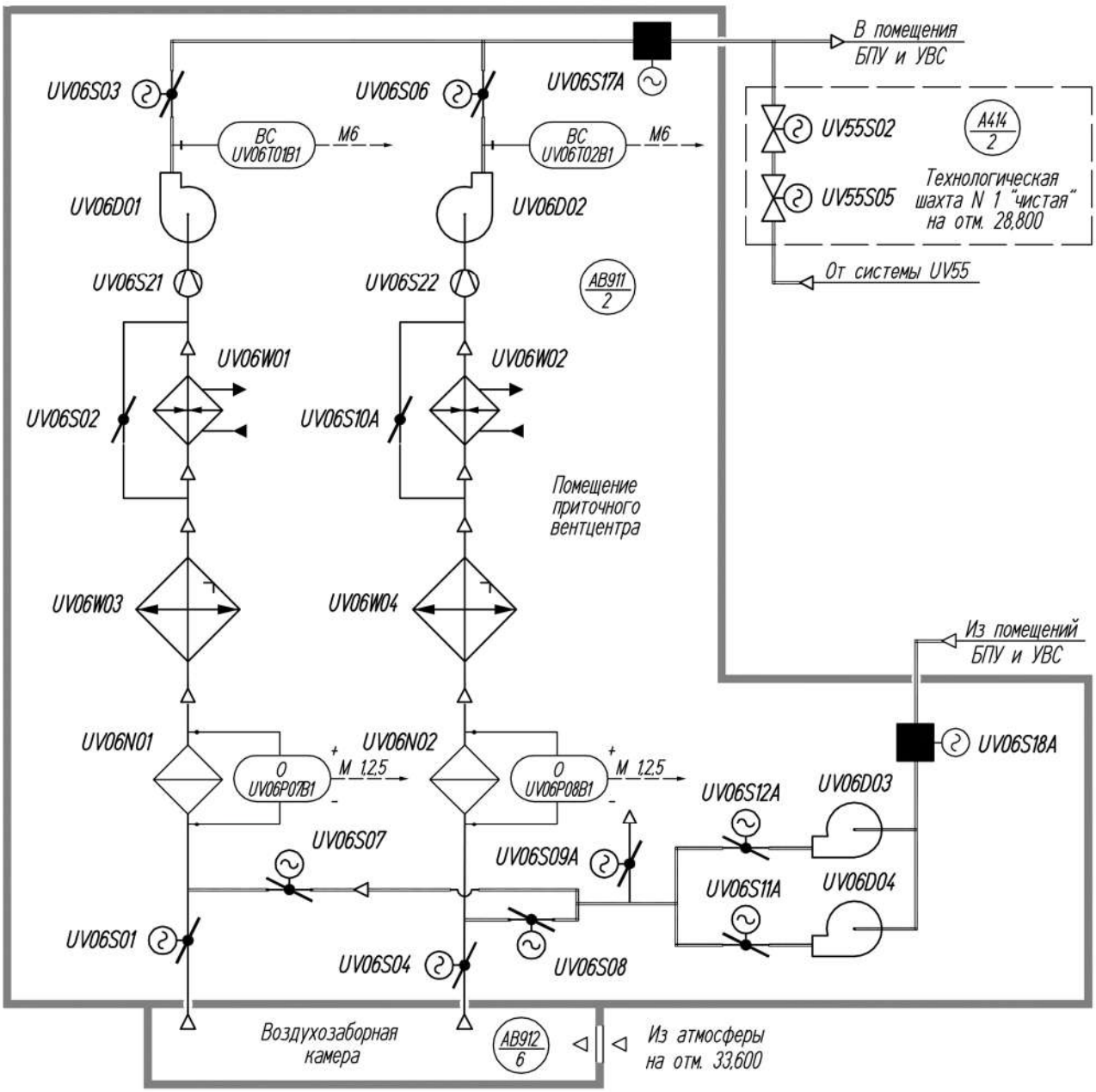


Рисунок 4.28 – Принципиальная схема системы кондиционирования воздуха UV06 на блоке № 3 Запорожской АЭС

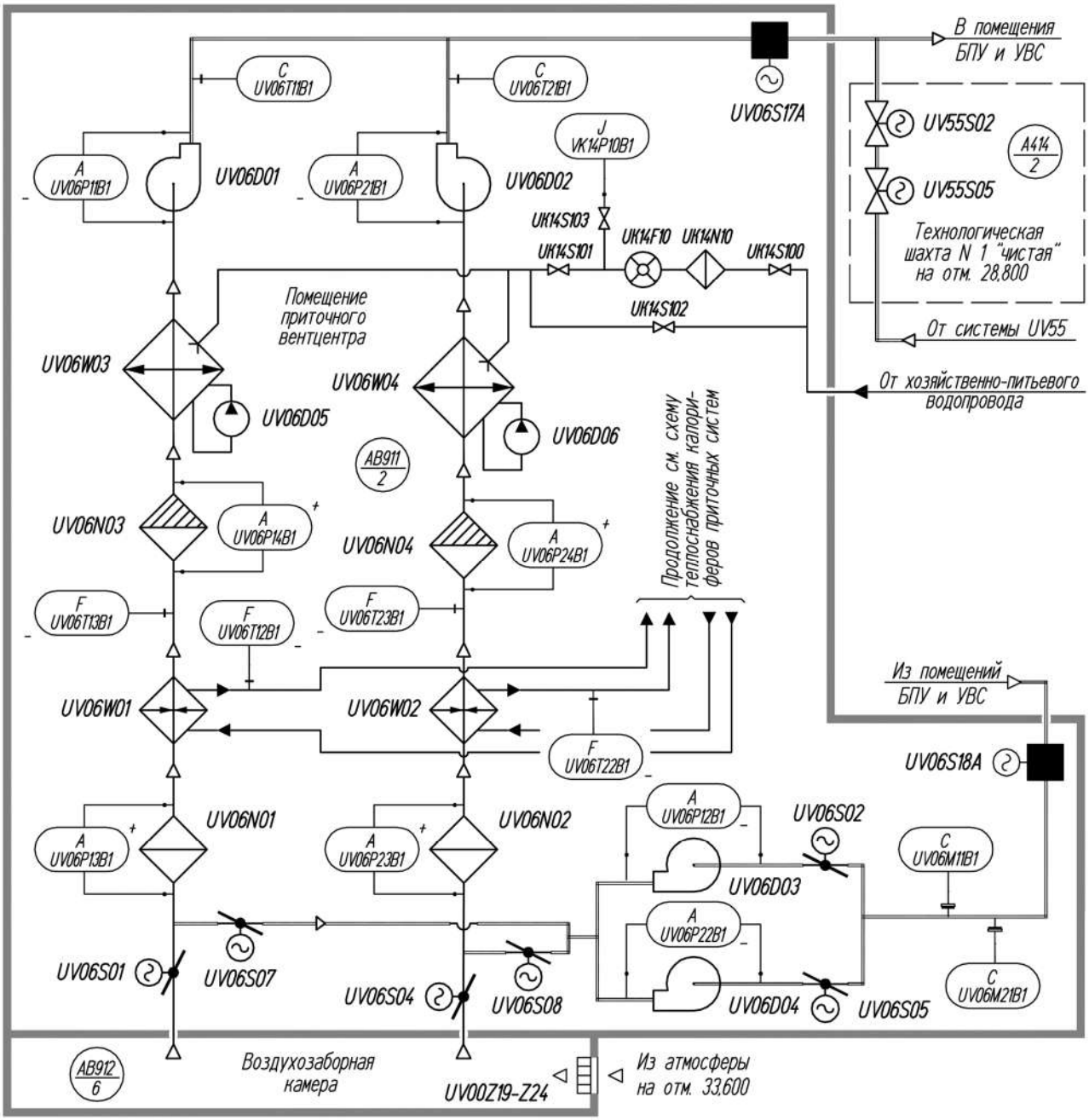


Рисунок 4.29 – Принципиальная схема системы кондиционирования воздуха UV06 на блоке № 4 Запорожской АЭС

В помещениях БПУ, РПУ и УВС по рабочей документации были установлены гигрометры для измерения относительной влажности воздуха в них, но они выработали ресурс и не прошли периодическую калибровку, после чего были демонтированы. А без гигрометров не могут быть сформированы блокировки пуска и останова насосов, подающих воду на форсунки камеры орошения.

Оказалась неработоспособной система горячего водоснабжения UT31 (см. 6.10 настоящего пособия).

После начала замены оборудования АСУТП был проведен анализ заводской документации на электронное оборудование, установленное в помещениях БПУ, РПУ, УВС, результаты приведены в таблице 4.25.

Из таблицы 4.25 видно, что регулирование относительной влажности воздуха в помещениях БПУ, РПУ, УВС после замены оборудования АСУТП не требуется.

Таблица 4.25

Марка оборудования	Нормальные условия эксплуатации		Предельные условия эксплуатации	
	температура воздуха, °С	относительная влажность воздуха	температура воздуха, °С	относительная влажность воздуха
Рабочие станции ПС 5120.25, ПС 5120.25	от 18 до 35	5% при 18 °С; 80% при 27 °С	от 18 до 35	5% при 18 °С; 80% при 27 °С
Рабочие станции ПС5120.43	от 18 до 27	80% при 30 °С	40	80% при 30 °С
Базовые шкафы УКТС-М, УКТС-М-Д, УКТС-ВЛ	25±10	от 45% до 80%	от 5 до 40	95% при 35 °С
Комплексы МСКУ 3.31, МСКУ 3.33	25±10	от 10% до 80%	от 5 до 50	95% при 35 °С
Шкаф ШУК-1	от 15 до 50	от 10% при 15 °С до 75% при 30 °С	от 15 до 50	100% при 50 °С
Шкаф ШДС-1.1/01	от 15 до 30	до 75%	от 5 до 40	100% при 50 °С

Техническим решением на блоках № 1-6 Запорожской АЭС аннулирована система регулирования относительной влажности воздуха в обслуживаемых помещениях:

– демонтированы насосы, арматура и трубопровода обвязки секций орошения на центральных кондиционерах системы UV06;

– аннулированы блокировки насосов путем изъятия из шкафов УКТС и ПТК функциональных блоков;

– аннулированы гигрометры и вторичные приборы;

– внесены изменения в программное и информационное обеспечение.

На блоке № 4 в кондиционерах каркасно-панельных КПКП-16 была предусмотрена очистка смеси наружного и рециркуляционного воздуха на фильтрах грубой и тонкой очистки, а также ее нагрев и увлажнение в холодный период года, установка СИ для контроля температуры и избыточного давления воздуха в БПУ.

Воздухонагреватели центральных кондиционеров подключены к системе теплоснабжения приточных систем вентиляции РО через узлы управления с фильтрами и циркуляционными насосами. Для подпитки сотовой камеры увлажнения была предусмотрена подача воды от системы хозяйственно-питьевого водоснабжения с установкой фильтра и счетчика холодной воды. Для управления оборудованием системы кондиционирования воздуха UV06 предусмотрены шкафы управления.

4.7.6 Система кондиционирования воздуха помещений УКТС и АКНП UV07

Система кондиционирования воздуха UV07 предназначена для снятия тепловыделений и поддержания в помещениях УКТС (ПТК) I, II, III СБ и АНКП температуры воздуха (20±5) °С в соответствии с техническими условиями на аппаратуру.

Система UV07 состоит из трех независимых подсистем охлаждения:

– помещений УКТС (ПТК) и АНКП I СБ – UV07D07-D09;

– помещений УКТС (ПТК) и АНКП II СБ – UV07D04-D06;

– помещений УКТС (ПТК) и АНКП III СБ – UV07D01-D03.

Рабочей документацией системы UV07 на блоках № 1, 2 предусмотрена система воздухораспределения в помещениях УКТС, оказавшаяся неудачной.

Охлажденный воздух от автономных кондиционеров подавался в верхнюю часть помещения практически в одной точке, смешивался с нагретым воздухом, выходящим из стоек УКТС, указанная смесь поступала в воздухозаборные решетки стоек. Стойки УКТС, расположенные далее всего от места выпуска охлажденного воздуха, при этом перегревались.

Фрагмент плана помещения АЭ408/3 на блоках № 1, 2 показан на рис. 4.30.

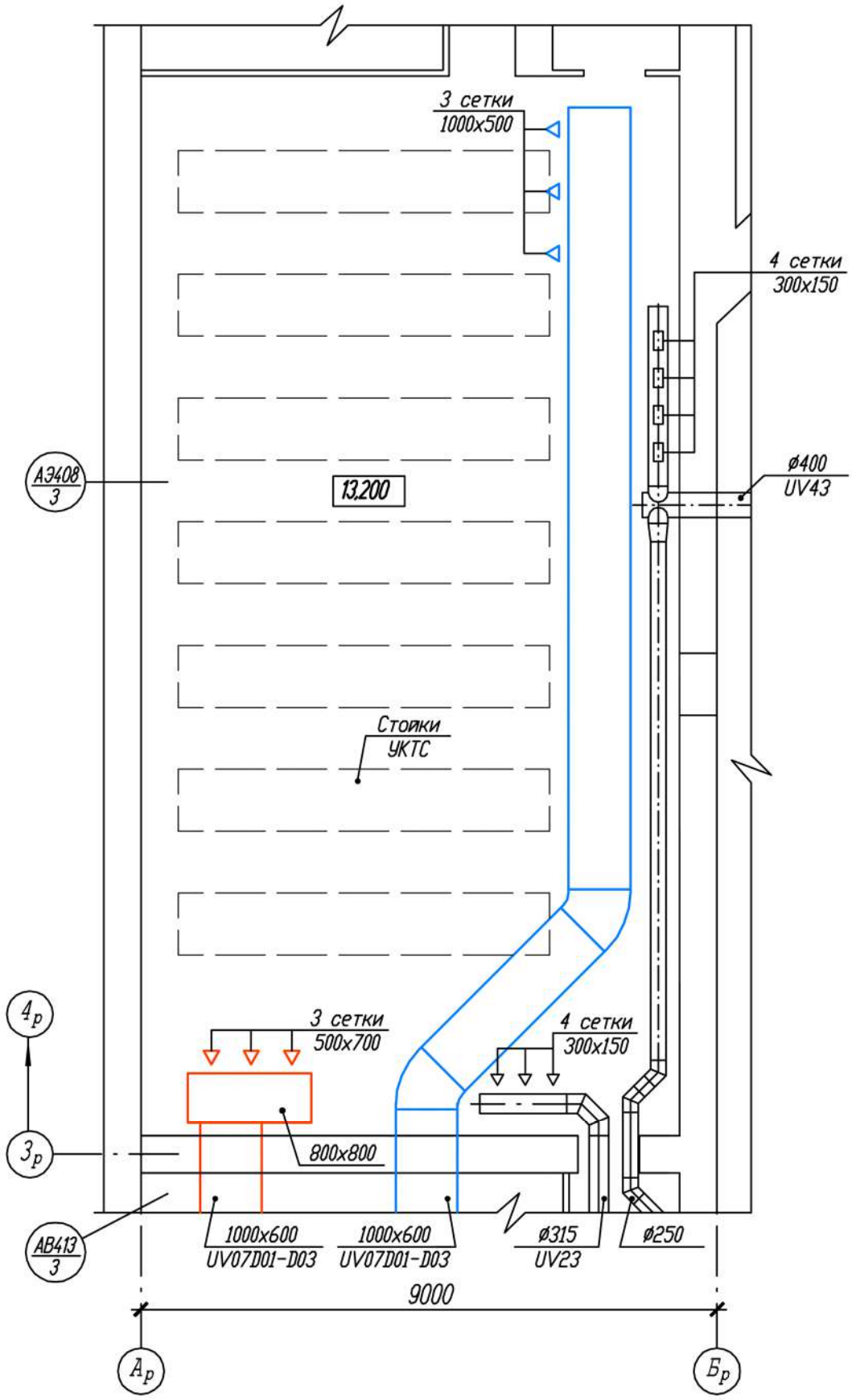


Рисунок 4.30 – Воздуховоды системы кондиционирования воздуха UV07D01-D03 в помещении АЭ408/3 блоков № 1, 2 по рабочей документации

По чертежу ГРП была выполнена доработка системы воздухораспределения в помещениях УКТС (ПТК) блоков № 3-6, фрагмент плана показан на рис. 4.31.

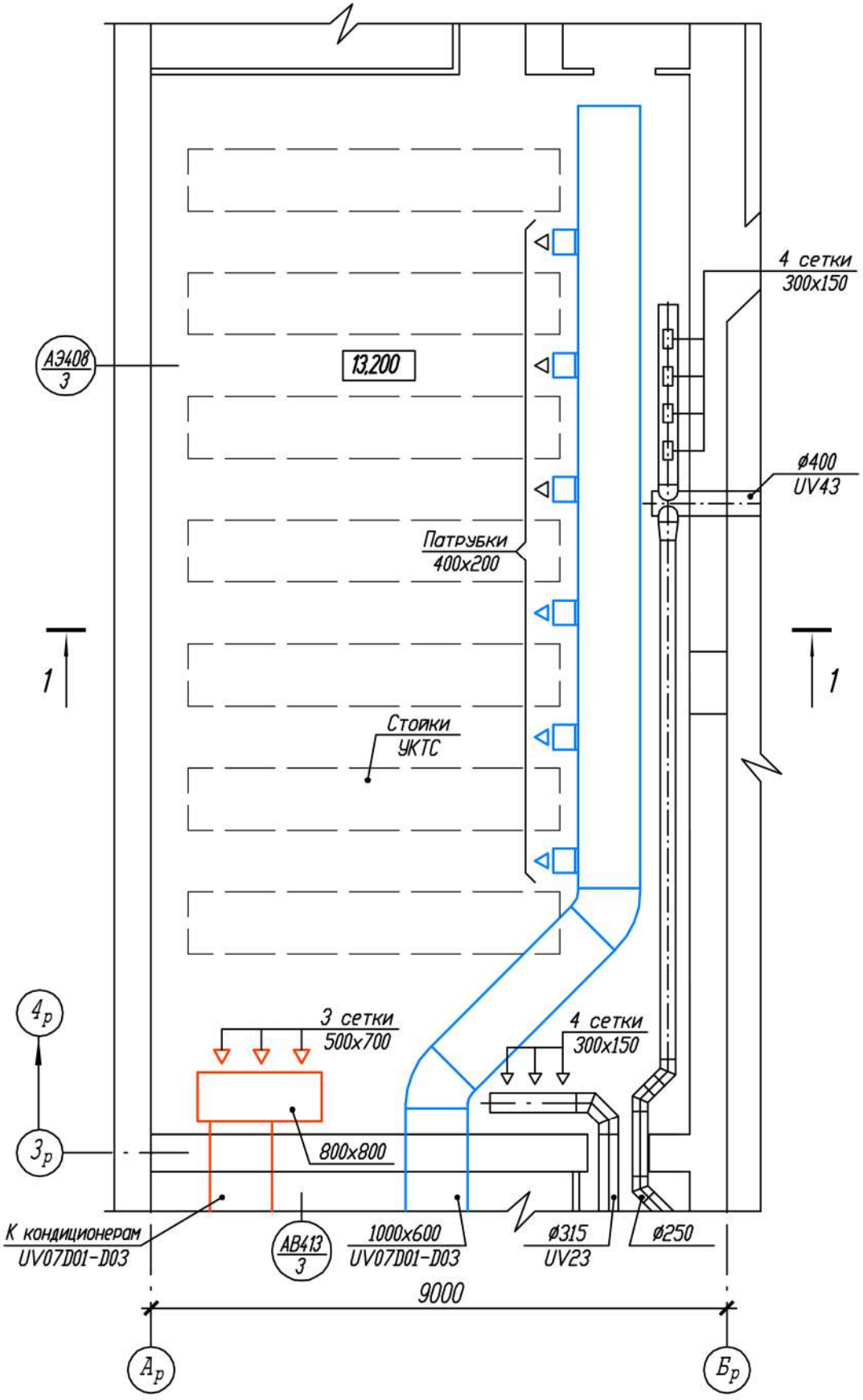


Рисунок 4.31 – Воздуховоды системы кондиционирования воздуха UV07D01-D03 в помещении АЭ408/3 блоков № 1, 2 по чертежу ГРП

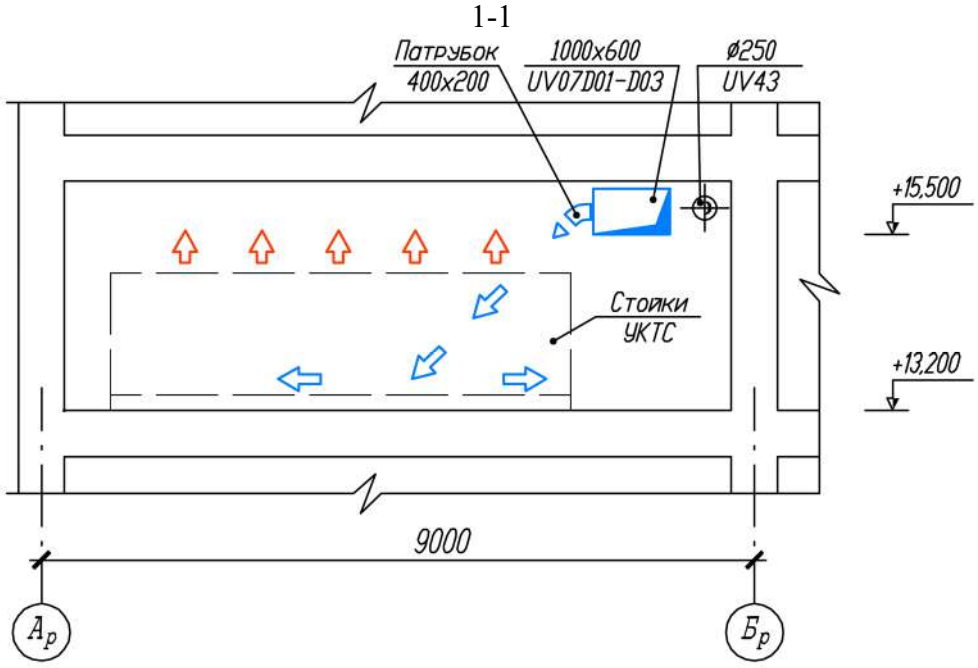


Рисунок 4.31, страница 2

На напорный воздуховод установлены патрубки с отводами 45°, чтобы охлажденный воздух по кратчайшему пути направлялся к воздухозаборным решеткам стоек УКТС, как показано на рис. 4.31 (Разрез 1-1). После проведенной доработки системы воздухораспределения перегрев стоек УКТС прекратился.

На блоках № 3-6 был исключен рециркуляционный коллектор (800x800) мм, на блоках № 4-6 проем для рециркуляции воздуха (1000x600) мм был расширен до максимально возможного размера (1150x1150) мм.

4.7.7 Система кондиционирования воздуха помещений РУСН СБ UV09

Система охлаждения UV09 предназначена для снятия тепловыделений и поддержания в электротехнических помещениях температуры воздуха не более 35 °С в соответствии с техническими условиями на аппаратуру.

Рабочей документацией было предусмотрено, что система UV09 состоит из трех независимых подсистем, обслуживающих помещения:

– UV09D01-D04 (на блоках № 1-4) – РУСН I СБ и АБП УВС;
– UV09D01-D03 (на блоках № 5, 6) – РУСН I СБ;
– UV09D05-D06 – РУСН II СБ;
– UV09D08-D10 – РУСН III СБ.

Обратите внимание на то, что оборудование РУСН каждого канала СБ находится в двух помещениях:

– АЭ607/1-3 – помещения РУСН СБ (КРУ-6 кВ и 0,4 кВ);
– АЭ609/1-3 – помещения РУСН СБ.

В помещениях АЭ607/1-3 установлено следующее электрооборудование:

– комплектные трансформаторные подстанции КТП-СН-05;
– выключатели высоковольтные вакуумные серий ВР3, ВР6, ВРВ и ВР6К;
– устройства комплектные распределительные серий КГ-6 и КГ-6С.

В ТУ на указанное электрооборудование указана рабочая температура окружающей среды 40 °С, предельно допустимая 45 °С.

В помещениях АЭ609/1-3, АЭ740/1 установлено следующее электрооборудование:

– выпрямители серии SDC;
– инверторы типа WDW;
– устройства тиристорные коммутационные отключающие типа TDS-C.

В ТУ на указанное электрооборудование указана рабочая температура окружающей среды 40 °С, предельно допустимая 45 °С. Но опыт эксплуатации оборудования с входящими в их состав микропроцессорами показал, что при температуре окружающей среды более 28 °С появляются отказы электронной техники.

Теплопоступления от аппаратуры в помещениях АЭ607/1-3 в несколько раз менее, чем в помещениях АЭ609/1-3 (см. таблицу 4.27, значения теплопоступлений в помещениях взяты из проекта). Но расходы воздуха системы UV09, подаваемого в помещения АЭ607/1-3 и АЭ609/1-3, в рабочей документации приняты одинаковыми. Описание систем вентиляции указанных помещений приведено в 4.6.1 настоящего пособия.

При выполнении ПНР расходы воздуха, подаваемого в помещения АЭ607/1-3 от системы UV09, значительно уменьшены с соответствующим увеличением расхода воздуха, подаваемого в помещения АЭ609/1-3.

Рассмотрим расчетные параметры воздуха в помещениях РУСН СБ и АБП УВС при следующих условиях:

- расчет проведен для автономных кондиционеров КТА1-10-01А;
- температура наружного воздуха 30 °С, ПЭМ UX21H01 не работает;
- температура технической воды группы «А» 33 °С;
- в таблице воздухообмена 4.27 приведены проектные расходы воздуха систем вентиляции и кондиционирования воздуха на блоках № 1, 2;
- в таблице воздухообмена 4.28 приведены проектные расходы воздуха систем вентиляции на блоке № 3, расход воздуха системы кондиционирования воздуха – после выполнения ПНР;
- в таблице воздухообмена 4.29 приведены проектные расходы воздуха систем вентиляции в теплый период года на блоках № 4-6, расход воздуха системы кондиционирования воздуха – после выполнения ПНР.

Сравнительные результаты расчетов параметров воздуха в помещениях РУСН СБ и АБП УВС приведены в таблице 4.26.

Таблица 4.26

Номер таблицы	Средняя температура воздуха в помещении, °С						
	АЭ607/1	АЭ607/2	АЭ607/3	АЭ609/1	АЭ609/2	АЭ609/3	АЭ740/1
4.27	24	27	24	30	33	30	23
4.28	28	28	28	24	24	24	23
4.29	28	29	29	23	23	23	23

В настоящее время расходы воздуха систем вентиляции и кондиционирования воздуха в помещениях РУСН СБ и АБП УВС соответствуют таблице 4.28 настоящего пособия, при этом средняя температура воздуха в обслуживаемых помещениях является оптимальной для электротехнического оборудования.

Таблица 4.27

Обозначение помещения	Наименование помещения	Кол-во помещений	Объем помещения, $м^3$	Категория пожарной опасности	Расчетные тепло-поступления, Вт	Давление воздуха, Па	Приточная система							Вытяжная система						Средняя температура воздуха, °С	Кратность, 1/ч
							Расход воздуха, $м^3/ч$	Обозначение системы	Переток из помещения	Обозначение КИД	Температура воздуха. °С	Температура смеси, °С	Расход воздуха суммарный, $м^3/ч$	Расход воздуха, $м^3/ч$	Обозначение системы	Переток в помещение	Обозначение КИД	Расход воздуха суммарный, $м^3/ч$	Температура воздуха, °С		
АЭ607/1	Помещение РУСН I СБ (КРУ 6 кВ и 0,4 кВ)	1	635	Д	11 300	0	7000	UV41	-	-	30	23	16 000	7000	-	АЭ609/1	-	16 000	25	24	25
							9000	UV09D01-D04	-	-	18			9000	-	АВ734/4	-				
АЭ607/2	Помещение РУСН II СБ (КРУ 6 кВ и 0,4 кВ)	1	745	Д	11 300	0	7000	-	АЭ609/2	-	33	25	16 000	7000	UV22	АЭ609/2	-	16 000	28	27	21
							9000	UV09D05-D07	-	-	20			9000	UV09D05-D07	-	-				
АЭ607/3	Помещение РУСН III СБ (КРУ 6 кВ и 0,4 кВ)	1	645	Д	11 300	0	7000	UV43	-	-	30	23	16 000	7000	-	АЭ609/3	-	16 000	26	24	25
							9000	UV09D08-D10	-	-	18			9000	UV09D08-D10	-	-				
АЭ609/1	Помещение РУСН I СБ	1	640	Д	44 700	0	7000	-	АЭ607/1	-	25	21	16 000	7000	UV21	-	-	16 000	30	25	25
							9000	UV09D01-D04	-	-	18			9000	-	АВ734/4	-				
АЭ609/2	Помещение РУСН II СБ	1	735	Д	44 700	0	7000	UV42	-	-	30	24	16 000	7000	-	АЭ607/2	-	16 000	33	29	22
							9000	UV09D05-D07	-	-	20			9000	UV09D05-D07	-	-				
АЭ609/3	Помещение РУСН III СБ	1	605	Д	44 700	0	7000	-	АЭ607/3	-	26	21	16 000	7000	UV23	-	-	16 000	30	26	26
							9000	UV09D08-D10	-	-	18			9000	UV09D08-D10	-	-				
АВ734/4	Помещение автономных кондиционеров	1	110	Д	0	0	300	UV47D03, D04	-	-	30	27	24 300	300	UV27D03, D04	-	-	24 300	27	27	221
							9000	-	АЭ607/1	-	25			24 000	UV09D01-D04	-	-				
							9000	-	АЭ609/1	-	30										
							6000	-	АЭ740/1	-	26										
АЭ740/1	Помещение АБП УВС	1	220	Д	13 800	0	1200	UV47D03, D04	-	-	30	20	7 200	1200	UV27D03, D04	-	-	7200	26	23	33
							6000	UV09D01-D04	-	-	18			6000	-	АВ734/4	-				

Таблица 4.28

Обозначение помещения	Наименование помещения	Кол-во помещений	Объем помещения, $м^3$	Категория пожарной опасности	Расчетные теплопоступления, Вт	Давление воздуха, Па	Приточная система							Вытяжная система						Средняя температура воздуха, °С	Кратность, 1/ч
							Расход воздуха, $м^3/ч$	Обозначение системы	Переток из помещения	Обозначение КИД	Температура воздуха °С	Температура смеси, °С	Расход воздуха суммарный, $м^3/ч$	Расход воздуха, $м^3/ч$	Обозначение системы	Переток в помещение	Обозначение КИД	Расход воздуха суммарный, $м^3/ч$	Температура воздуха, °С		
АЭ607/1	Помещение РУСН I СБ (КРУ 6 кВ и 0,4 кВ)	1	635	Д	11 300	0	3500	UV41	-	-	30	25	6000	3500	UV21	-	-	6000	31	28	9
							2500	UV09D01-D04	-	-	18			2500	-	АВ734/4	-				
АЭ607/2	Помещение РУСН II СБ (КРУ 6 кВ и 0,4 кВ)	1	745	Д	11 300	0	3500	UV42	-	-	30	25	6000	3500	UV22	-	-	6000	31	28	8
							2500	UV09D05-D07	-	-	19			2500	UV09D05-D07	-	-				
АЭ607/3	Помещение РУСН III СБ (КРУ 6 кВ и 0,4 кВ)	1	645	Д	11 300	0	3500	UV43	-	-	30	25	6000	3500	UV23	-	-	6000	31	28	9
							2500	UV09D08-D10	-	-	19			2500	UV09D08-D10	-	-				
АЭ609/1	Помещение РУСН I СБ	1	640	Д	44 700	0	3500	UV41	-	-	30	20	19 000	3500	UV21	-	-	19 000	28	24	30
							15 500	UV09D01-D04	-	-	18			15 500	-	АВ734/4	-				
АЭ609/2	Помещение РУСН II СБ	1	735	Д	44 700	0	3500	UV42	-	-	30	21	19 000	3500	UV22	-	-	19 000	28	24	26
							15 500	UV09D05-D07	-	-	19			15 500	UV09D05-D07	-	-				
АЭ609/3	Помещение РУСН III СБ	1	605	Д	44 700	0	3500	UV43	-	-	30	21	19 000	3500	UV23	-	-	19 000	28	24	31
							15 500	UV09D08-D10	-	-	19			15 500	UV09D08-D10	-	-				
АВ734/4	Помещение автономных кондиционеров	1	110	Д	0	0	300	UV47D03, D04	-	-	30	27	24 300	300	UV27D03, D04	-	-	24 300	27	27	221
							2500	-	АЭ607/1	-	31			24 000	UV09D01-D04	-	-				
							15 500	-	АЭ609/1	-	28										
							6000	-	АЭ740/1	-	26										
АЭ740/1	Помещение АБП УВС	1	220	Д	13 800	0	1200	UV47D03, D04	-	-	30	20	7 200	1 200	UV27D03, D04	-	-	7 200	26	23	33
							6000	UV09D01-D04	-	-	18			6 000	-	АВ734/4	-				

Таблица 4.29

Обозначение помещения	Наименование помещения	Кол-во помещений	Объем помещения, $м^3$	Категория пожарной опасности	Расчетные теплопоступления, Вт	Давление воздуха, Па	Приточная система							Вытяжная система						Средняя температура воздуха, °С	Кратность, 1/ч
							Расход воздуха, $м^3/ч$	Обозначение системы	Переток из помещения	Обозначение КИД	Температура воздуха °С	Температура смеси, °С	Расход воздуха суммарный, $м^3/ч$	Расход воздуха, $м^3/ч$	Обозначение системы	Переток в помещение	Обозначение КИД	Расход воздуха суммарный, $м^3/ч$	Температура воздуха, °С		
АЭ607/1	Помещение РУСН I СБ (КРУ 6 кВ и 0,4 кВ)	1	635	Д	11 300	0	3500	UV41	-	-	30	25	6000	3500	UV21	-	-	6000	31	28	9
							2500	UV09D01-D04	-	-	18			2500	-	АВ734/4	-				
АЭ607/2	Помещение РУСН II СБ (КРУ 6 кВ и 0,4 кВ)	1	745	Д	11 300	0	3500	UV42	-	-	30	25	6000	3500	UV22	-	-	6000	31	28	8
							2500	UV09D05-D07	-	-	19			2500	UV09D05-D07	-	-				
АЭ607/3	Помещение РУСН III СБ (КРУ 6 кВ и 0,4 кВ)	1	645	Д	11 300	0	3500	UV43	-	-	30	25	6000	3500	UV23	-	-	6000	31	28	9
							2500	UV09D08-D10	-	-	19			2500	UV09D08-D10	-	-				
АЭ609/1	Помещение РУСН I СБ	1	640	Д	44 700	0	3500	UV41	-	-	30	20	19 000	3500	UV21	-	-	19 000	28	24	30
							15 500	UV09D01-D04	-	-	18			15 500	-	АВ734/4	-				
АЭ609/2	Помещение РУСН II СБ	1	735	Д	44 700	0	3500	UV42	-	-	30	21	19 000	3500	UV22	-	-	19 000	28	24	26
							15 500	UV09D05-D07	-	-	19			15 500	UV09D05-D07	-	-				
АЭ609/3	Помещение РУСН III СБ	1	605	Д	44 700	0	3500	UV43	-	-	30	21	19 000	3500	UV23	-	-	19 000	28	24	31
							15 500	UV09D08-D10	-	-	19			15 500	UV09D08-D10	-	-				
АВ734/4	Помещение автономных кондиционеров	1	110	Д	0	0	300	UV47D03, D04	-	-	30	27	24 300	300	UV27D03, D04	-	-	24 300	27	27	221
							2500	-	АЭ607/1	-	31			24 000	UV09D01-D04	-	-				
							15 500	-	АЭ609/1	-	28										
							6000	-	АЭ740/1	-	26										
АЭ740/1	Помещение АБП УВС	1	220	Д	13 800	0	1200	UV47D03, D04	-	-	30	20	7 200	1 200	UV27D03, D04	-	-	7 200	26	23	33
							6000	UV09D01-D04	-	-	18			6000	-	АВ734/4	-				

Принципиальная схема системы кондиционирования воздуха UV09D01-D04 блоков № 1-4 (до модернизации) приведена на рис. 4.32.

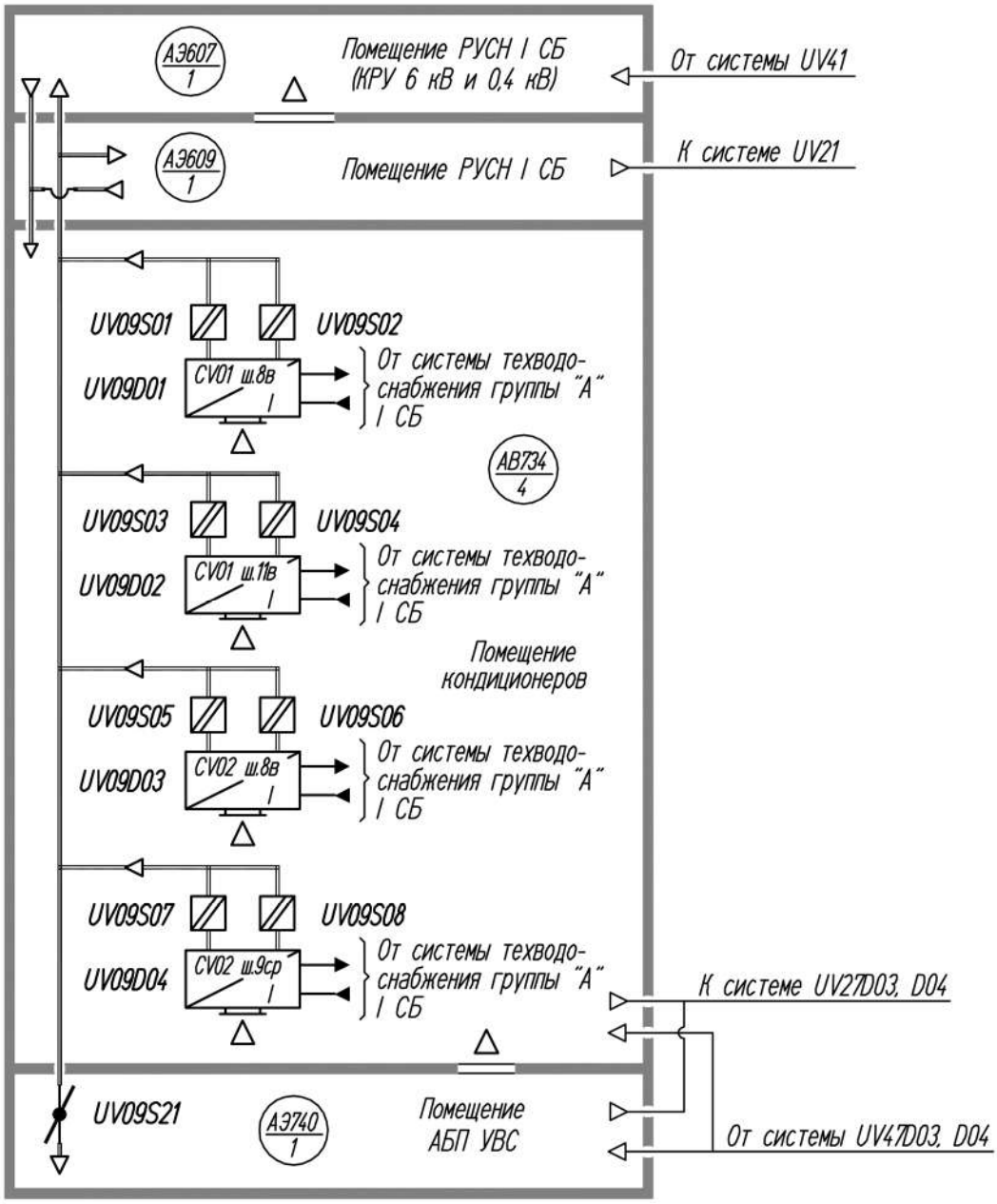


Рисунок 4.32 – Принципиальная схема системы кондиционирования воздуха UV09D01-D04 блоков № 1-4 (до модернизации)

На блоках № 1, 3, 4, 5 выполнена модернизация системы кондиционирования воздуха UV09, при этом:

– автономные кондиционеры КТА1-10-01А заменены автономными сейсмостойкими кондиционерами (два вместо одного, см. 8.7 настоящего пособия);

– на блоках № 1, 3, 4 подсистема UV09D01-D04 разделена:

➢ автономные кондиционеры исполнения «сплит» UV09D01Б и UV09D02Б охлаждают помещение АБП УВС;

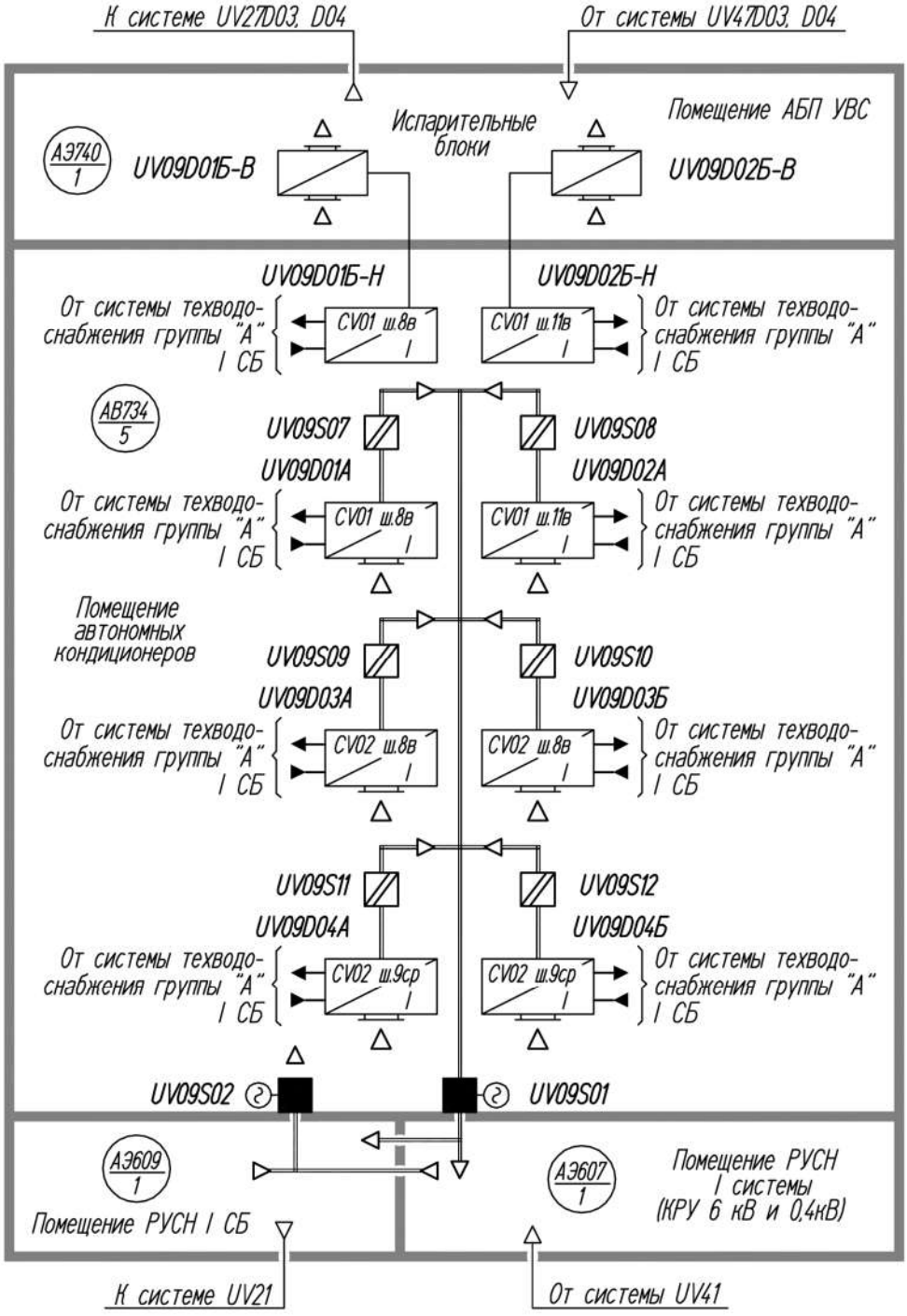
➢ автономные кондиционеры моноблочного исполнения UV09D01A, UV09D02A, UV09D03, UV09D04 охлаждают помещения РУСН I СБ;

– на блоке № 1 в помещении АВ734/3 была построена перегородка, которой разделены помещения автономных кондиционеров UV09D05-D07 и UV10D01-D03 (см. 7.1.1 настоящего пособия);

– самодельные обратные клапаны заменены обратными клапанами сейсмостойкими;

– на воздуховодах подсистемы UV09D01A, UV09D02A, UV09D03, UV09D04 установлены клапаны противопожарные нормально открытые с электроприводом.

Принципиальная схема системы кондиционирования воздуха UV09D01-D04 блоков № 1, 3, 4 (после модернизации) приведена на рис. 4.33.



Примечание – Помещение автономных кондиционеров на блоке № 1 имеет обозначение АВ734/4.

Рисунок 4.33 – Принципиальная схема системы кондиционирования воздуха UV09D01-D04 блоков № 1, 3, 4 (после модернизации)

Принципиальная схема системы кондиционирования воздуха UV09D01-D03 блока № 5 (после модернизации) приведена на рис. 4.34.

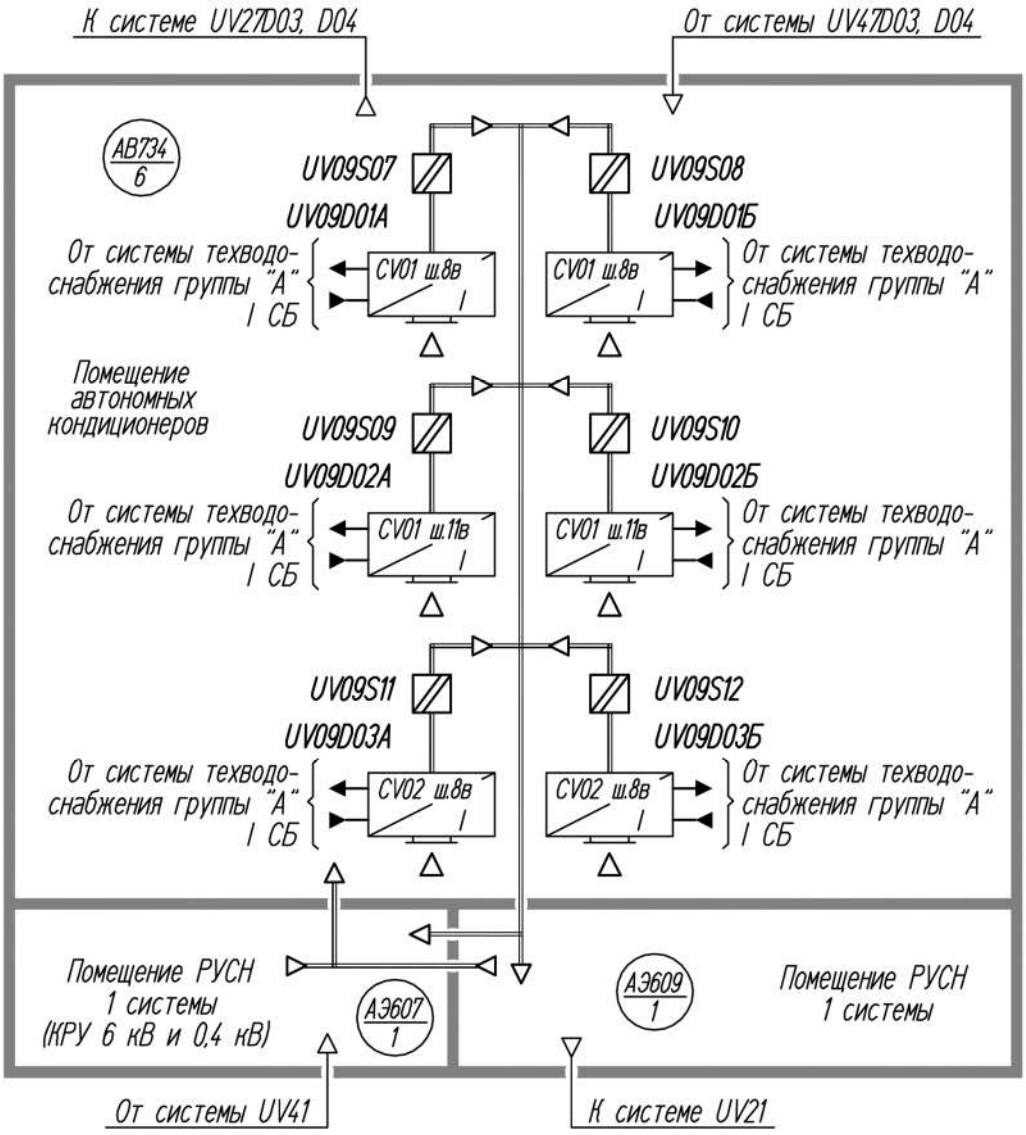


Рисунок 4.34 – Принципиальная схема системы кондиционирования воздуха UV09D01-D03 блока № 5 (после модернизации)

В рабочей документации на модернизацию систем кондиционирования воздуха блока № 5 предусмотрена установка на воздуховодах системы UV09D01-D03 клапанов противопожарных с электроприводом.

В настоящее время установить их Запорожской АЭС не по силам.

4.7.8 Система кондиционирования воздуха помещений АЗ, ПЗ, панелей СУЗ UV10

Система кондиционирования воздуха помещений АЗ, ПЗ, панелей СУЗ UV10 предназначена для снятия тепловыделений и поддержания в указанных помещениях температуры воздуха (20±5) °С в соответствии с техническими условиями на аппаратуру.

Система UV10 состоит из двух независимых подсистем, обслуживающих:

- помещения панелей ПЗ I комплекта, панелей СУЗ и ПЗ – UV10D01-D03;
- помещения панелей ПЗ II комплекта, панелей СУЗ – UV10D04-D06.

На блоках № 1, 2 согласно рабочей документации автономные кондиционеры систем кондиционирования воздуха UV09 (II и III каналов СБ) и UV10 размещены в одних помещениях (см. 7.1.1 настоящего пособия).

Согласно рабочей документации, конденсаторы автономных кондиционеров системы UV10 должны охлаждаться технической водой группы «В». Однако при первом включении указанной системы на блоке № 1 компрессоры автономных кондиционеров аварийно отключались реле высокого давления хладона по причине недостаточного расхода технической воды.

По чертежу ГРП на блоке № 1 были смонтированы трубопроводы системы технического водоснабжения группы «А» для подключения конденсаторов автономных кондиционеров системы UV10. На блоках № 2-4 указанные трубопроводы были смонтированы по чертежу ГРП, на блоках 5, 6 – по рабочей документации.

Подключение конденсаторов автономных кондиционеров системы UV10 к каналам системы технического водоснабжения группы «А» по чертежу ГРП (в настоящее время только на блоках № 2, 6) показано в таблице 4.30.

Таблица 4.30

Обслуживаемые помещения	Автономные кондиционеры	Подключение к каналам системы техводоснабжения группы «А»		
		VF10	VF20	VF30
АЭ725/1, АЭ733	UV10D01-D03	UV10D02, D03	UV10D01	-
АЭ725/2, АЭ726	UV10D04-D06	-	UV10D04, D05	UV10D06

Из таблицы 4.30 видно, что при выводе в ремонт I канала СБ обслуживать помещения АЭ725/1, АЭ733 может только один автономный кондиционер UV10D01; при выводе в ремонт II канала СБ обслуживать помещения АЭ725/2, АЭ726 может только один автономный кондиционер UV10D06, но другого решения на то время не было.

На блоках № 1, 3, 4, 5 выполнена модернизация системы кондиционирования воздуха UV09, при этом:

– автономные кондиционеры КТА1-10-01А, КТА1-11-01 заменены автономными сейсмостойкими кондиционерами (два вместо одного, см. 8.7 настоящего пособия);

– на блоке № 1 в помещении АВ734/3 была построена перегородка, которой разделены помещения автономных кондиционеров UV09D05-D07 и UV10D01-D03 (см. 7.1.1 настоящего пособия);

– на блоке № 1 автономные кондиционеры UV09D05-D07 и UV10D01-D03 установлены в разных помещениях (см. 7.1.1 настоящего пособия).

Подключение конденсаторов автономных кондиционеров к каналам СБ системы технического водоснабжения группы «А» на блоках № 1, 3, 4, 5 после модернизации показано в таблице 4.31.

Таблица 4.31

Обслуживаемые помещения	Автономные кондиционеры	Подключение к каналам системы техводоснабжения группы «А»		
		VF10	VF20	VF30
АЭ725/1, АЭ733	UV10D01-D03	UV10D02А UV10D03А UV10D03Б	UV10D01А UV10D01Б UV10D02Б	-
АЭ725/2, АЭ726	UV10D04-D06	-	UV10D04Б UV10D05А UV10D05Б	UV10D04А UV10D06А UV10D06Б

Из таблицы 4.31 видно, что при выводе в ремонт любого канала СБ в работе остаются не менее трех автономных кондиционеров каждой подсистемы.

Принципиальная схема системы кондиционирования воздуха UV10D01-D03 (после модернизации) приведена на рис. 4.35.

Клапаны противопожарные UV10S05, S06 установлены при внедрении системы газового пожаротушения, клапаны противопожарные UV10S07, S08 – при модернизации систем кондиционирования воздуха.

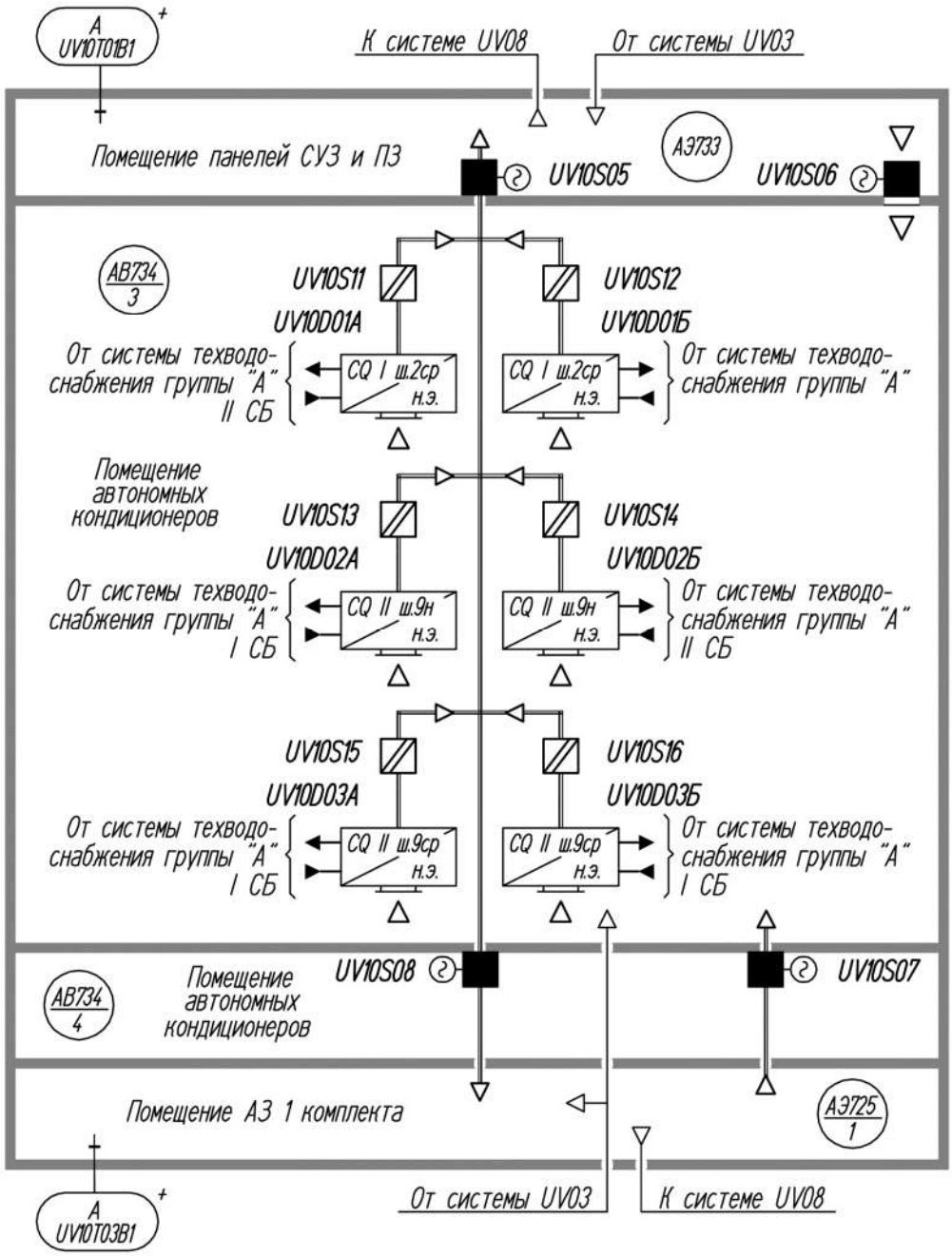


Рисунок 4.35 – Принципиальная схема системы кондиционирования воздуха UV10D01-D03 (после модернизации)

4.7.9 Система кондиционирования воздуха помещения АБП УВС, пультовой полярного крана UV11

В проекте II очереди Запорожской АЭС появились изменения в части систем кондиционирования воздуха на отм. 24,600 в осях 3р-4р, Гр-Др:

– система кондиционирования воздуха UV09D01-D03 стала обслуживать только помещения РУСН I СБ;

– новая система кондиционирования воздуха UV11 предназначалась для поддержания температуры воздуха в помещении АБП УВС;

– новая система кондиционирования воздуха UV12 предназначалась для поддержания температуры воздуха в помещении пультовой перегрузочной машины и полярного крана.

Рабочая документация указанных систем имела следующие недоработки:

– в одном помещении находилось оборудование системы кондиционирования воздуха UV09D01-D03, входящей в состав I канала СБ, и оборудование систем нормальной эксплуатации UV11, UV12;

– помещения автономных кондиционеров были загромождены рециркуляционными воздуховодами систем UV11, UV12, затрудняющими доступ к оборудованию;

– на конденсаторы автономных кондиционеров систем UV11, UV12 подавалась техническая вода группы «В» (система технического водоснабжения в ППР блока не работает, см. 6.3 настоящего пособия).

До начала монтажа был разработан чертеж ГРП с применением следующих технических решений:

– оборудование системы кондиционирования воздуха UV09D01-D03 установлено в отдельном помещении;

– система кондиционирования воздуха UV12 аннулирована, для поддержания проектной температуры воздуха в пультовой перегрузочной машины, находящейся в ЗКД, разработан чертеж системы кондиционирования воздуха TL16 (см. 4.7.12 настоящего пособия);

– система кондиционирования воздуха UV11 предназначена для обслуживания помещения АБП УВС (один кондиционер рабочий, два резервных), а в ППР блока – дополнительно помещения пультовой перегрузочной машины (два кондиционера рабочих, один резервный);

– на выходном воздуховоде системы кондиционирования воздуха UV11 и на проеме для перетока воздуха из помещения пультовой перегрузочной машины в помещение автономных кондиционеров указанной системы установлены заслонки воздушные с ручным управлением;

– рециркуляционные воздуховоды системы кондиционирования воздуха UV11 аннулированы;

– на конденсаторы автономных кондиционеров системы UV11 подается техническая вода группы «А» от двух каналов СБ.

При модернизации систем кондиционирования воздуха блока № 5 автономные кондиционеры КТА1-11-01 заменены автономными сейсмостойкими кондиционерами (два вместо одного, см. 8.7 настоящего пособия).

Принципиальная схема системы кондиционирования воздуха UV11 блока № 5 (после модернизации) приведена на рис. 4.36.

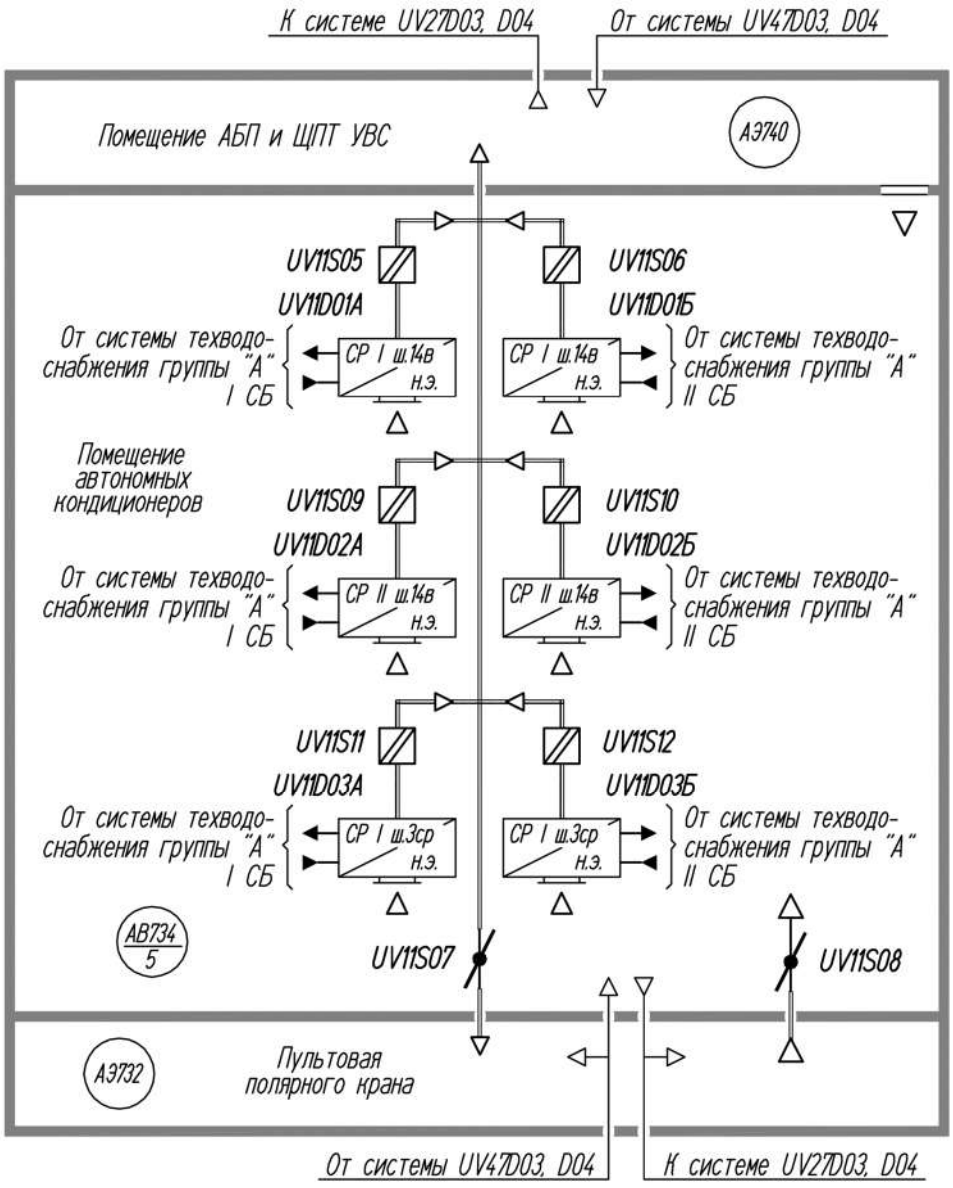


Рисунок 4.36 – Принципиальная схема системы кондиционирования воздуха UV11 (после модернизации)

4.7.10 Система кондиционирования воздуха помещений КИП 1 контура TL11

Рабочей документацией I очереди была предусмотрена установка в помещениях КИП I контура АК329/1-3 автономных кондиционеров: по одному в помещении каждого канала СБ. На конденсаторы автономных кондиционеров подавалась техническая вода группы «А».

Данная система была смонтирована на блоках № 1, 2 Запорожской АЭС и оказалась ненужной, т.к. рабочая температура датчиков давления «Сапфир», установленных в помещениях АК329/1-3, имеет значение от 1 °С до 80 °С, для ее обеспечения в режиме нормальной эксплуатации достаточно ввести в работу систему вентиляции TL27.

При установке дополнительных стендов для датчиков давления «Сапфир» в помещениях АК329/1-3 автономные кондиционеры системы TL11 на блоках № 1, 2 Запорожской АЭС были демонтированы.

На блоках № 3-6 Запорожской АЭС автономные кондиционеры системы TL11 по техническому решению не монтировались.

ХИЭП в расчете параметров среды в помещениях КИП I контура при МПА (см. 6.21 настоящего пособия) рекомендовал вместо системы кондиционирования воздуха TL11 установку в помещениях АК329/2, 3 рециркуляционных систем охлаждения, воздухоохладители которых запитаны от системы технического водоснабжения группы «А». В настоящее время Запорожской АЭС не по силам выполнение данных рекомендаций.

4.7.11 Система кондиционирования воздуха МЩРК TL12

Для поддержания проектной температуры воздуха в помещении МЩРК рабочей документацией была предусмотрена установка двух автономных кондиционеров непосредственно в помещении АК422.

На конденсаторы автономных кондиционеров системы TL12 подается техническая вода группы «А» от двух каналов СБ.

На блоках № 1-3 Запорожской АЭС в составе системы кондиционирования воздуха не были предусмотрены воздуховоды, на блоках № 4-6 в рабочей документации были предусмотрены: коллектор после вентиляторов автономных кондиционеров, обратные клапаны для отключения резервного кондиционера и воздухораспределители, подающие воздух струями мимо рабочего места оперативного персонала.

Принципиальные схемы системы TL12 приведены на рис. 4.37 и 4.38.

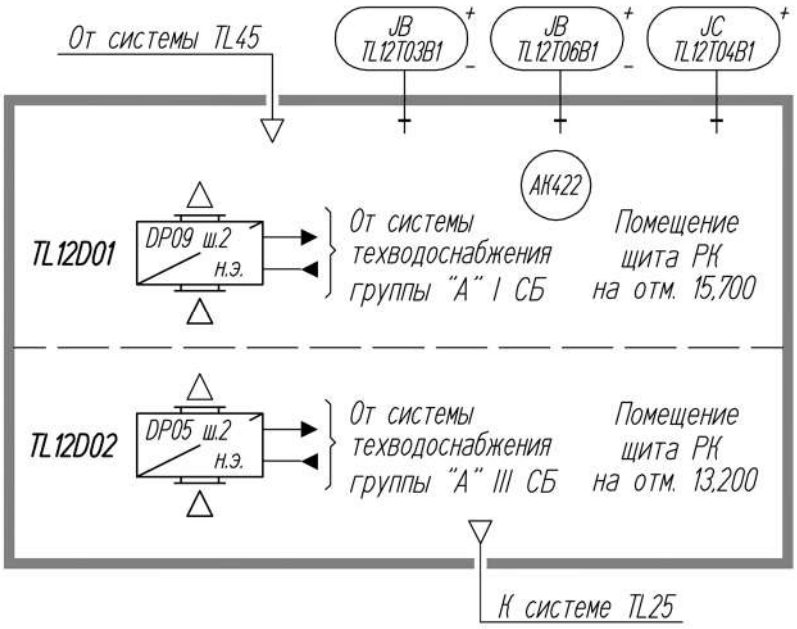


Рисунок 4.37 – Принципиальная схема системы TL12 блоков 1-3

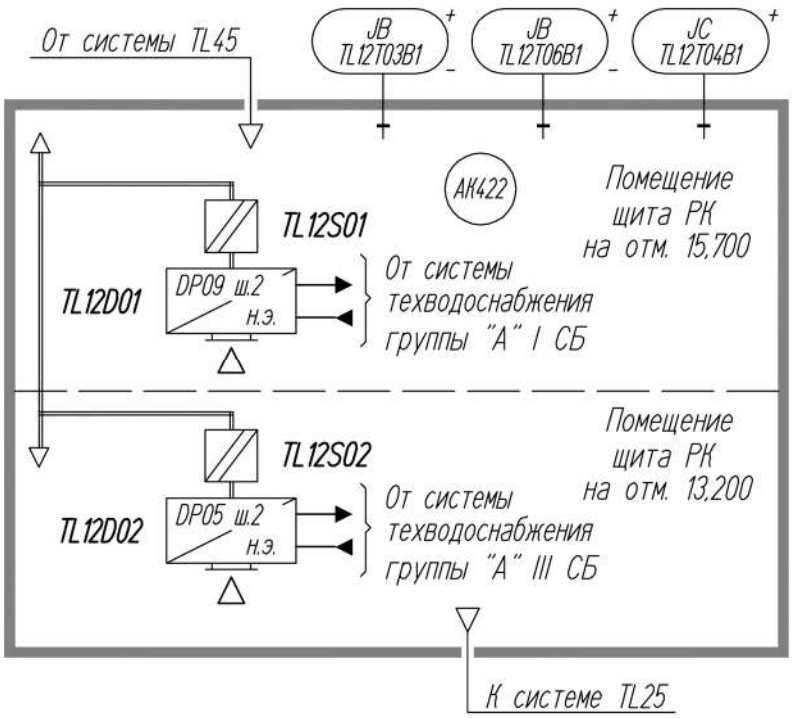


Рисунок 4.38 – Принципиальная схема системы TL12 блоков 4-6

4.7.12 Система кондиционирования воздуха пультовой перегрузочной машины TL16

По техническому решению на блоках № 1-4 была смонтирована система кондиционирования воздуха TL16, применены автономные кондиционеры транспортного исполнения с конденсаторами воздушного охлаждения. Оборудование было установлено в ЗКД на отм. 41,400, для отвода тепла от конденсаторов были смонтированы воздуховоды с заслонками воздушными с ручным приводом от систем вентиляции TL25, TL45.

Проектом II очереди Запорожской АЭС был предусмотрен перенос пультовых перегрузочной машины и полярного крана в ЗСД на отм. 24,600 с устройством отдельных систем кондиционирования воздуха. Но такое решение не устроило персонал, эксплуатирующий указанное оборудование, им нужна была возможность выхода в гермооболочку, выполнений операций на перегрузочной машине или полярном кране и возвращения обратно без прохождения санпропускника.

АЭП согласовал следующее расположение пультовых без внесения изменений в рабочую документацию:

- пультовая перегрузочной машины остается в ЗКД на отм. 41,400;
- пультовая полярного крана переносится на отм. 24,600, но остается в ЗКД.

Для обеспечения оптимальных параметров воздуха по чертежу ГРП на блоках № 5, 6 была смонтирована система кондиционирования воздуха пультовой перегрузочной машины TL16 с использованием автономных кондиционеров, заказанных для системы UV12.

Автономные кондиционеры системы TL16 на блоках № 5, 6 установлены в ЗКД на отм. 24,600, была предусмотрена подача на их конденсаторы технической воды группы «А» от двух каналов СБ.

Электроснабжение автономных кондиционеров системы TL16 на блоках № 5, 6 выполнено от сборок I канала СБ с возможностью переключения на сборки нормальной эксплуатации на время ремонта указанного канала СБ.

Принципиальные схемы системы TL16 приведены:

- блоков № 1-4 – на рис. 4.39;
- блоков № 5, 6 – на рис. 4.40.

Для обеспечения оптимальных параметров воздуха в помещении пультовой полярного крана блоков № 5, 6 предназначена система кондиционирования воздуха UV11 (см. 4.7.9 настоящего пособия).

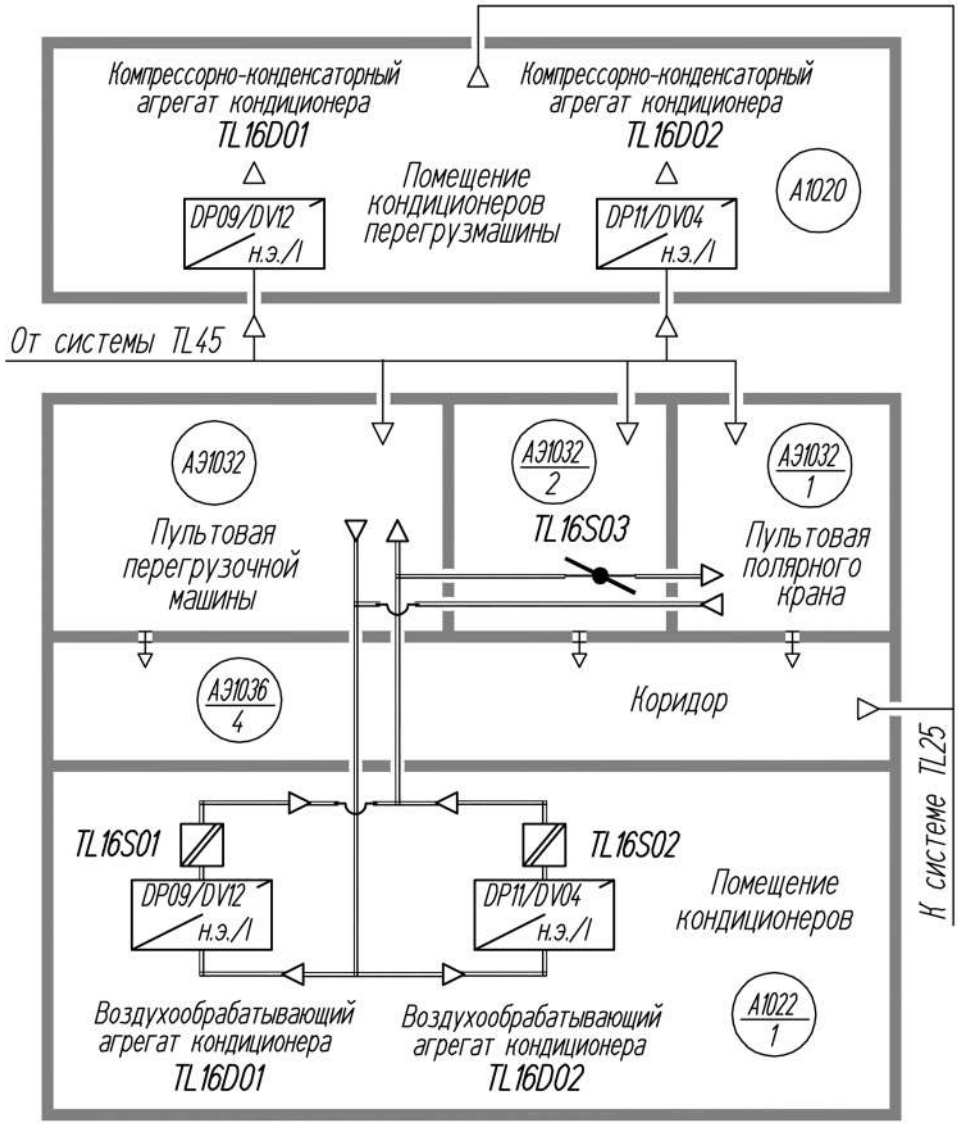


Рисунок 4.39 – Принципиальная схема системы TL16 блоков 1-4

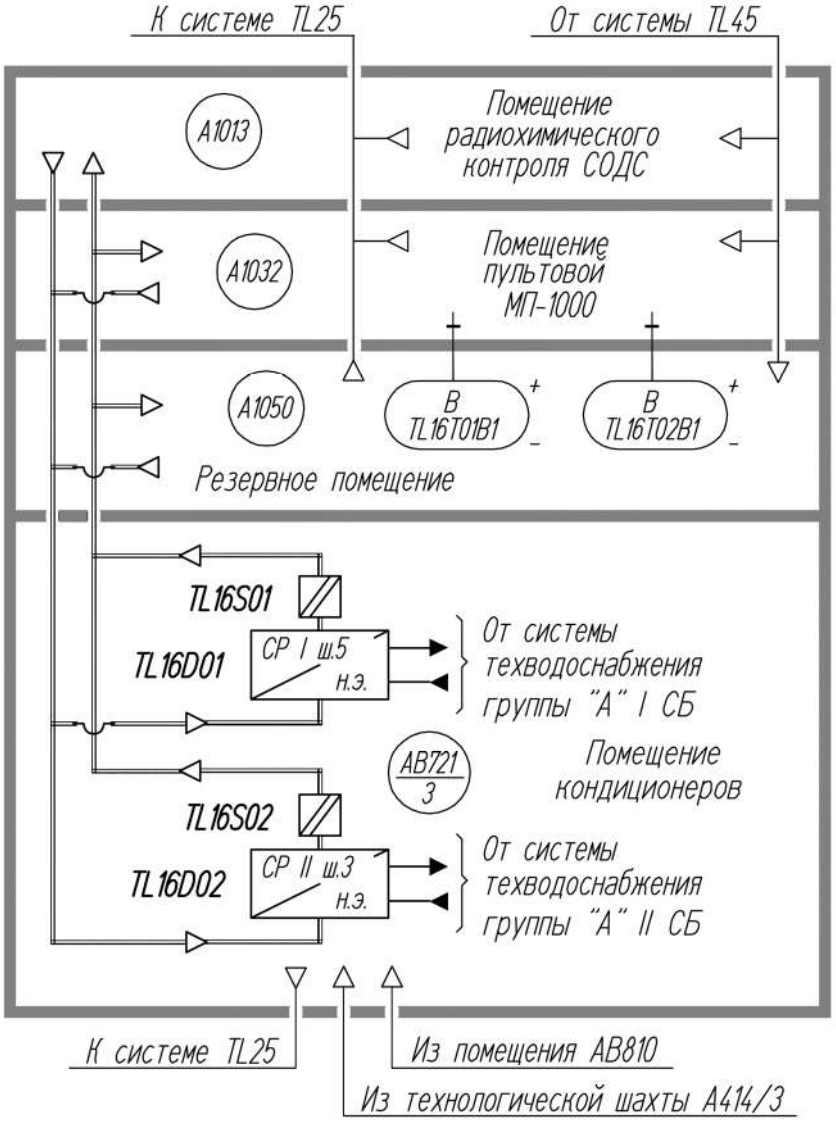


Рисунок 4.40 – Принципиальная схема системы TL16 блоков 5, 6

4.8 Аварийные системы вентиляции

4.8.1 История появления и модернизации противодымной вентиляции

С 1976 года по настоящее время требования НД к противодымной вентиляции в разных странах неоднократно изменялись, вкратце они перечислены в таблице 4.32.

Таблица 4.32

НД	Страна	Год ввода в действие	Назначение противодымной вентиляции
[169]	СССР	1976	Система противодымной защиты должна обеспечивать незадымление путей эвакуации в течение времени, достаточного для эвакуации людей, и (или) коллективную защиту людей
[31]	СССР	1986	Аварийную вентиляцию для удаления дыма при пожаре следует проектировать для обеспечения эвакуации людей из помещений здания в начальной стадии пожара, возникшего в одном из помещений
[32]	СССР	1991	
[170]	Украина	2010	Приточно-вытяжную противодымную вентиляцию для удаления дыма при пожаре необходимо предусматривать и проектировать для обеспечения эвакуации людей из помещений здания (сооружения), для содействия проведению пожарно-спасательных работ, для снижения тепловой температурной нагрузки на несущие конструкции здания (сооружения), для замедления распространения огня и оседания летучих продуктов сгорания
[171]	Украина	2014	Системы противодымной защиты предусматривают для достижения одной или нескольких следующих целей: – обеспечения условий для безопасной эвакуации; – обеспечения условий для тушения пожара и проведения пожарно-спасательных работ; – снижения вероятности загорания предметов, оборудования, веществ и материалов под действием теплового излучения; – снижения влияния высоких температур на конструкции здания во время пожара; – снижения убытков от продуктов термического распада и горячих газов
[48]	Россия	2008	Система противодымной защиты здания, сооружения должна обеспечивать защиту людей на путях эвакуации и в безопасных зонах от воздействия опасных факторов пожара в течение времени, необходимого для эвакуации людей в безопасную зону, или всего времени развития и тушения пожара посредством удаления продуктов горения и термического разложения и (или) предотвращения их распространения
[49]	Россия	2013	Системы приточно-вытяжной противодымной вентиляции зданий должны обеспечивать блокирование и (или) ограничение распространения продуктов горения в помещения безопасных зон и по путям эвакуации людей, в том числе с целью создания необходимых условий пожарным подразделениям для выполнения работ по спасанию людей, обнаружению и локализации очага пожара в здании

В нормах [30] и действовавших до 1975 года нормах в области систем вентиляции требований к противодымной вентиляции не было. Системы приточной противодымной вентиляции лестничных клеток РО были включены в рабочую документацию на основании 3.9 [169].

В 1991-1993 годах была выполнена модернизация приточной противодымной вентиляции ЗСД на основании 4.68 [31].

С 2000 года МЧС Украины начало требовать внедрения на блоках АС систем дымоудаления из коридоров ЗСД РО. Выполнение стандартной системы дымоудаления в то время было признано нецелесообразным.

В то время система дымоудаления была реализована только на блоке № 4 Калининской АЭС с применением технических решений:

– в коридорах ЗСД установлены дымовые клапаны;

– от дымовых клапанов проложены воздуховоды систем дымоудаления с выходом за контурные стены по рядам Ар и Др;

– на фасадах по рядам Ар и Др построены шахты дымоудаления;

– на кровле РО установлены вентиляторы дымоудаления.

Воздуховоды систем дымоудаления было крайне сложно монтировать из-за множества находящихся на их трассах технологических трубопроводов и кабельных шахт, т.е. множества местных сопротивлений, проектного расхода воздуха получить не удалось.

По этой причине копирование систем дымоудаления, выполненных на блоке № 4 Калининской АЭС, было признано нецелесообразным.

Было принято предложение Академии гражданской защиты МЧС Украины о внедрении системы создания избыточного давления воздуха в коридорах ЗСД, по отраслевому решению «пилотным» был назначен блок № 5 Запорожской АЭС и в 2008 году выполнена модернизация системы противодымной вентиляции ЗСД.

После введения в действие стандартов [172], [173], [174] все ранее выполненные модернизации приточной противодымной вентиляции объявлены ГСЧС Украины недостаточными, было принято отраслевое решение о внедрении на АС Украины систем дымоудаления из ЗСР РО, «пилотным» объектом был назначен блок № 3 Ровенской АЭС.

После ввода системы дымоудаления на блоке № 3 Ровенской АЭС в промышленную эксплуатацию была разработана рабочая документация системы дымоудаления из ЗСД РО блока № 5 Запорожской АЭС и начаты строительно-монтажные работы.

В настоящее время рассматривается вопрос о проведении экспертизы рабочей документации, так как в НД Украины и РФ имеются различия в части расчета расхода дыма при пожаре. При положительных результатах экспертизы возможно окончание СМР на системе дымоудаления из ЗСР РО блока № 5 Запорожской АЭС.

4.8.2 Системы приточной противодымной вентиляции лестничных клеток и шахт лифтов TL44, UV58

По первоначальной рабочей документации для создания избыточного давления воздуха не менее 2 кгс/м^2 (20 Па) на путях эвакуации при пожаре была предусмотрена установка систем приточной противодымной вентиляции с проектным расходом воздуха 20 000 м^3/ч (один вентилятор рабочий, один резервный), подаваемого на лестничные клетки с отм. 0,000 до отм. 45,600 и в шахты грузопассажирских лифтов.

На рис. 4.41 показаны принципиальные схемы систем приточной противодымной вентиляции лестничных клеток № 1 и № 4 блока № 1 по первоначальному проекту.

Между клапанами воздушными утепленными и вентиляторами предусмотрены воздуховоды, на выходе вентиляторов предусмотрены:

– системы UV58D01, D02 – заслонки воздушные с электроприводом;

– системы TL44D01, D02 – клапаны герметичные вентиляционные.

В проемах для забора наружного воздуха была предусмотрена установка одного противовзрывного устройства УЗС-25 на лестничную клетку.

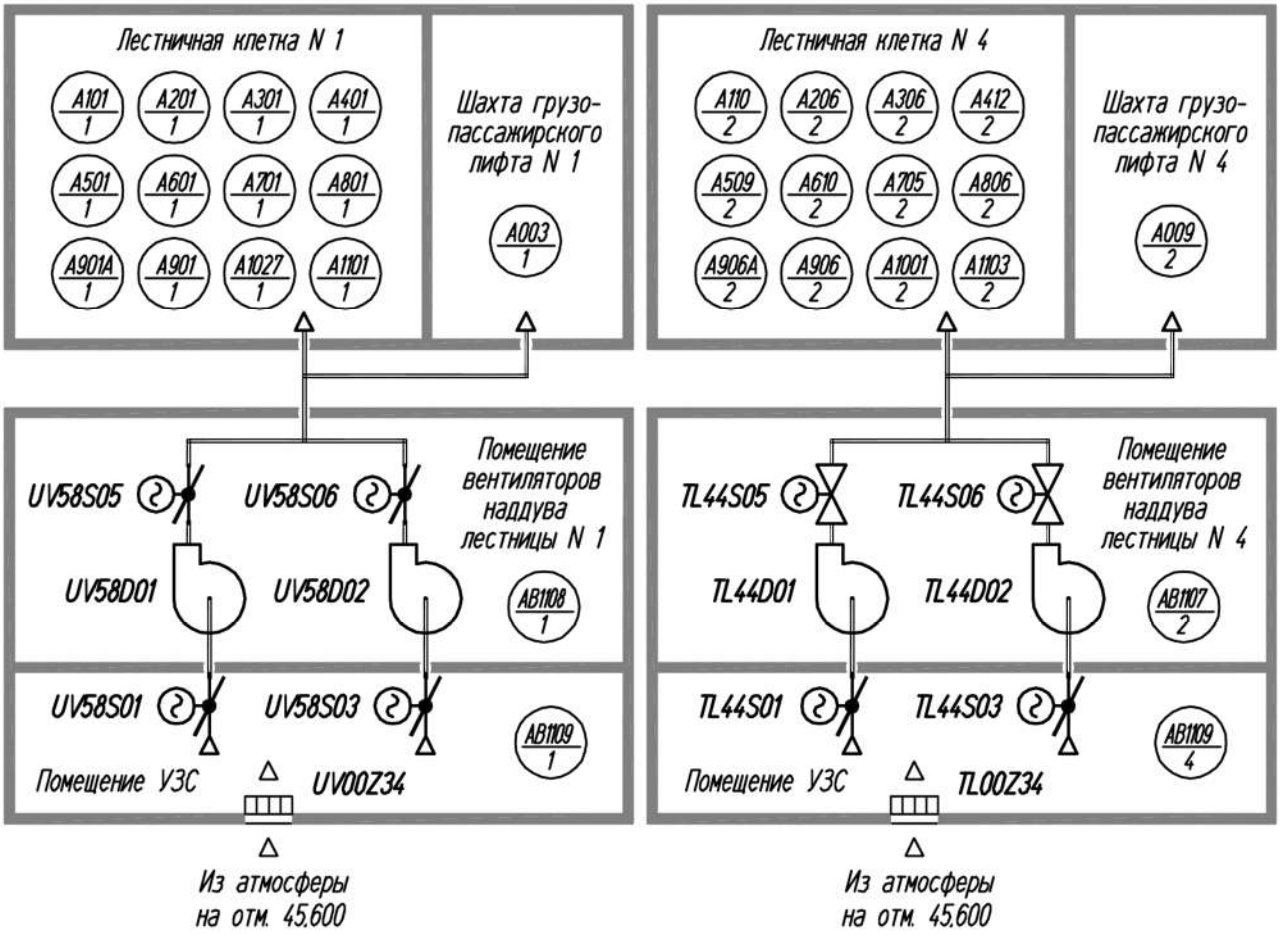


Рисунок 4.41 – Принципиальная схема приточной противодымной вентиляции лестничных клеток по первоначальному проекту

Воздуховоды между клапанами воздушными утепленными и вентиляторами перед проведением ремонта и технического обслуживания вентиляторов требовалось демонтировать, после выполнения указанных работ восстанавливать, по этой причине они были сняты.

В связи со сложностью транспортировки и монтажа клапанов вентиляционных герметичных на системе TL44 техническим решением они были заменены клапанами обратными, а клапаны вентиляционные герметичные были установлены на систему охлаждения закрытых токопроводов 24 кВ.

Однако обеспечить нормируемое избыточное давление воздуха на путях эвакуации оказалось крайне сложным по причинам:

– установки между лестничными клетками и холлами на отм. 0,000 двухстворчатых металлических дверей, а проектный расход воздуха вентиляторов был рассчитан только на одну открытую створку;

– установки между лестничными клетками и холлами металлических дверей с наличием многочисленных зазоров, часть створок при прохождении людей заклинивалась в открытом положении;

– выполнения на лестничных клетках № 1, 2 (в ЗСД) на отм. 15,000 тамбуров между реакторным отделением и машинным залом с установкой герметичных дверей без приборов самозакрывания, часто оставляемых персоналом в открытом положении.

Герметичные двери между лестничной клеткой № 1 и машинным залом довольно скоро были закрыты и опечатаны, а двери между лестничной клеткой № 2 и машинным залом закрыть оказалось невозможно. Так как наружные двери всех лестничных клеток на отм. 0,000 были закрыты и поставлены на сигнализацию, двери из машинного зала в лестничную клетку № 2 оказались единственным путем для входа в ЗСД реакторного отделения.

При периодических испытаниях приточной противодымной вентиляции для создания нормируемого избыточного давления воздуха на путях эвакуации принимались следующие меры:

– фиксация в закрытом положении одной створки металлических дверей между лестничными клетками и холлами на отм. 0,000;

– закрытие на засовы герметичных дверей в тамбурах на отм. 15,000 между машинным залом и лестничной клеткой № 2 и выставление наблюдающего для контроля прохода персонала с обязательным шлюзованием.

В 1991-1993 годах была выполнена модернизация приточной противодымной вентиляции лестничных клеток ЗСД с выполнением следующих технических мероприятий:

– установка на каждой лестничной клетке двух перегородок с противопожарными дверями между отм. 24,600 и 28,800;

– установка на одну лестничную клетку четырех вентиляторов (три рабочих, один резервный) вместо двух, проектный расход воздуха 62 220 м^3/ч;

– монтаж воздуховодов для подачи части воздуха на лестничные клетки ниже рассечек;

– на блоках № 1, 5, 6 дополнительно смонтирована система приточной противодымной вентиляции шахты грузового лифта, находящегося в ЗКД.

Принципиальная схема системы приточной противодымной вентиляции лестничной клетки № 1 после модернизации 1991-1993 годов показана на рис. 4.42.

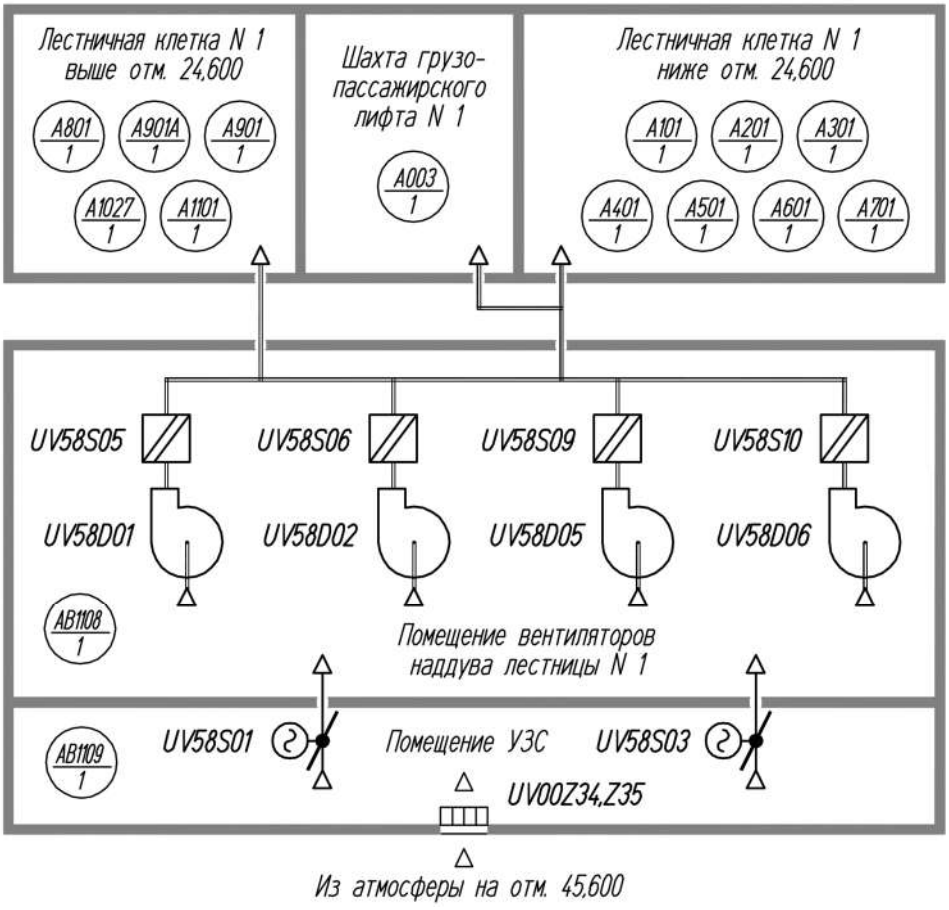


Рисунок 4.42 – Принципиальная схема приточной противодымной вентиляции лестничной клетки № 1 после модернизации 1991-1993 годов

На системах приточной противодымной вентиляции лестничных клеток ЗКД блоков № 1, 2 осталось по одному УЗС-25 на каждую группу вентиляторов, на блоках № 3-6 в рабочей документации были предусмотрены по два УЗС-25 на каждую группу вентиляторов.

На перегородках были установлены серийные противопожарные двери с защелками, при ПНР приточной противодымной вентиляции выяснилось, что в отсеках лестничных клеток выше рассечек избыточное давление воздуха превышает нормируемое значение (150 Па).

После снятия защелок с противопожарных дверей избыточный расход воздуха из отсеков выше рассечек перепускался в отсеки ниже рассечек, избыточное давление воздуха в обоих отсеках лестничных клеток стало соответствовать требованиям НД.

В 2008 году на блоке № 5 была выполнена модернизация приточной противодымной вентиляции лестничных клеток ЗСД с выполнением следующих технических мероприятий:

– установка клапанов дымовых на каждой отметке между лестничными клетками и холлами;

– установка клапанов дымовых и вентиляторов осевых на отм. -4,200; 13,200; 24,600; 41,40 между холлами и коридорами;

– установка клапанов дымовых на отм. 41,400 между коридорами;

– установка еще одного УЗС-25 на группу вентиляторов.

Фрагмент системы приточной противодымной вентиляции лестничной клетки № 1 блока № 5 после модернизации 2008 года показан на рис. 4.43.

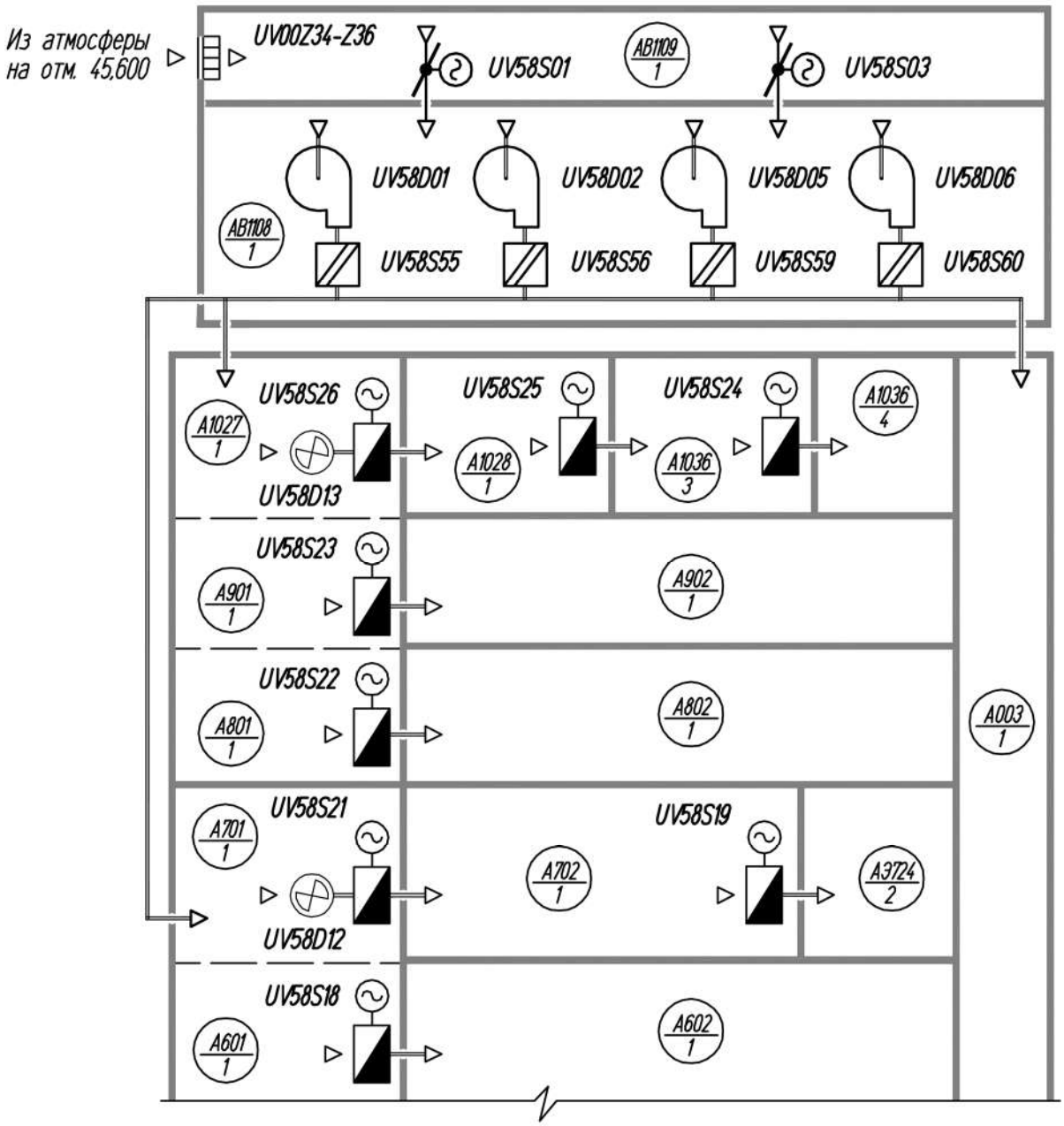


Рисунок 4.43 – Фрагмент системы приточной противодымной вентиляции лестничной клетки № 1 блока № 5 после модернизации 2008 года

При пожаре на какой-либо отметке система управления включает все центробежные вентиляторы и открывает клапаны воздушные с электроприводом (далее один вентилятор отключает), открывает дымовые клапаны на этаже пожара и включает соответствующий вентилятор (при наличии).

Автоматическое поддержание избыточного давления воздуха на лестничных клетках в диапазоне от 20 Па до 100 Па обеспечивается изменением числа работающих вентиляторов.

Системы приточной противодымной вентиляции ЗКД не модернизировались.

В рабочей документации системы дымоудаления (не реализована) предусмотрено:

– выполнение отдельной системы подачи воздуха в шахты лифтов;

– использование ранее установленных дымовых клапанов;

– монтаж воздуховодов дымоудаления;

– монтаж вентиляторов, встроенных в стаканы обратных клапанов и противовзрывных устройств.

Фрагмент системы приточной противодымной вентиляции лестничной клетки № 1 блока № 5 с системой дымоудаления показан на рис. 4.44.

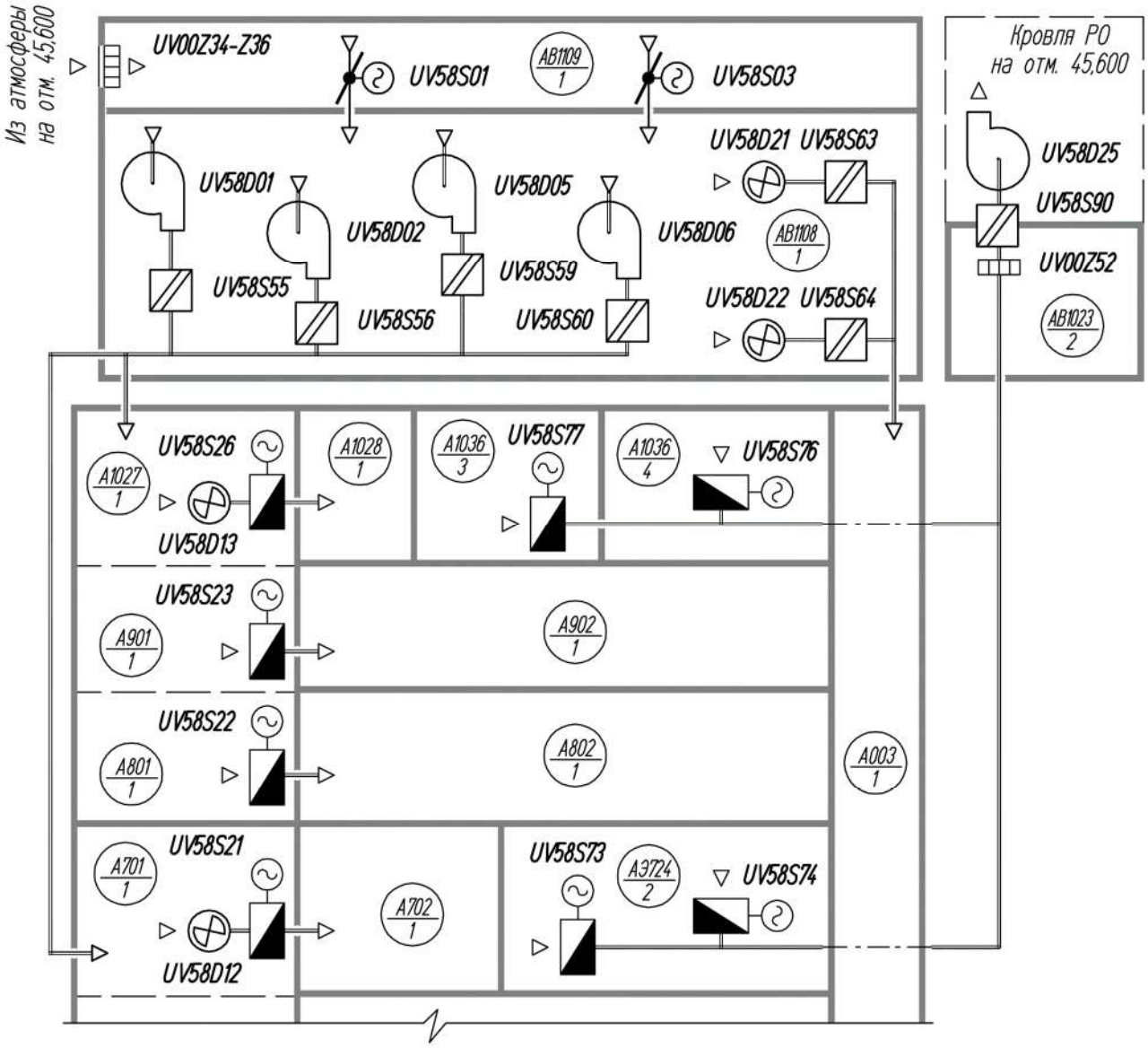


Рисунок 4.44 – Фрагмент системы приточной противодымной вентиляции лестничной клетки № 1 блока № 5 после внедрения системы дымоудаления

4.8.3 Система удаления продуктов сгорания из электротехнических помещений UV64

Система удаления продуктов сгорания UV64 предусмотрена рабочей документацией только на блоке № 6 Запорожской АЭС и состоит из двух независимых подсистем: UV64D01 и UV64D02.

Система UV64 состоит из:

- судовых вентиляторов;
- клапанов обратных взрывозащищенного исполнения;
- воздуховодов;
- патрубков с заглушками.

Удаляемый воздух без очистки должен выбрасываться в помещения УЗС АВ1106/1, 2.

Принципиальная схема системы UV64 приведена на рис. 4.45.

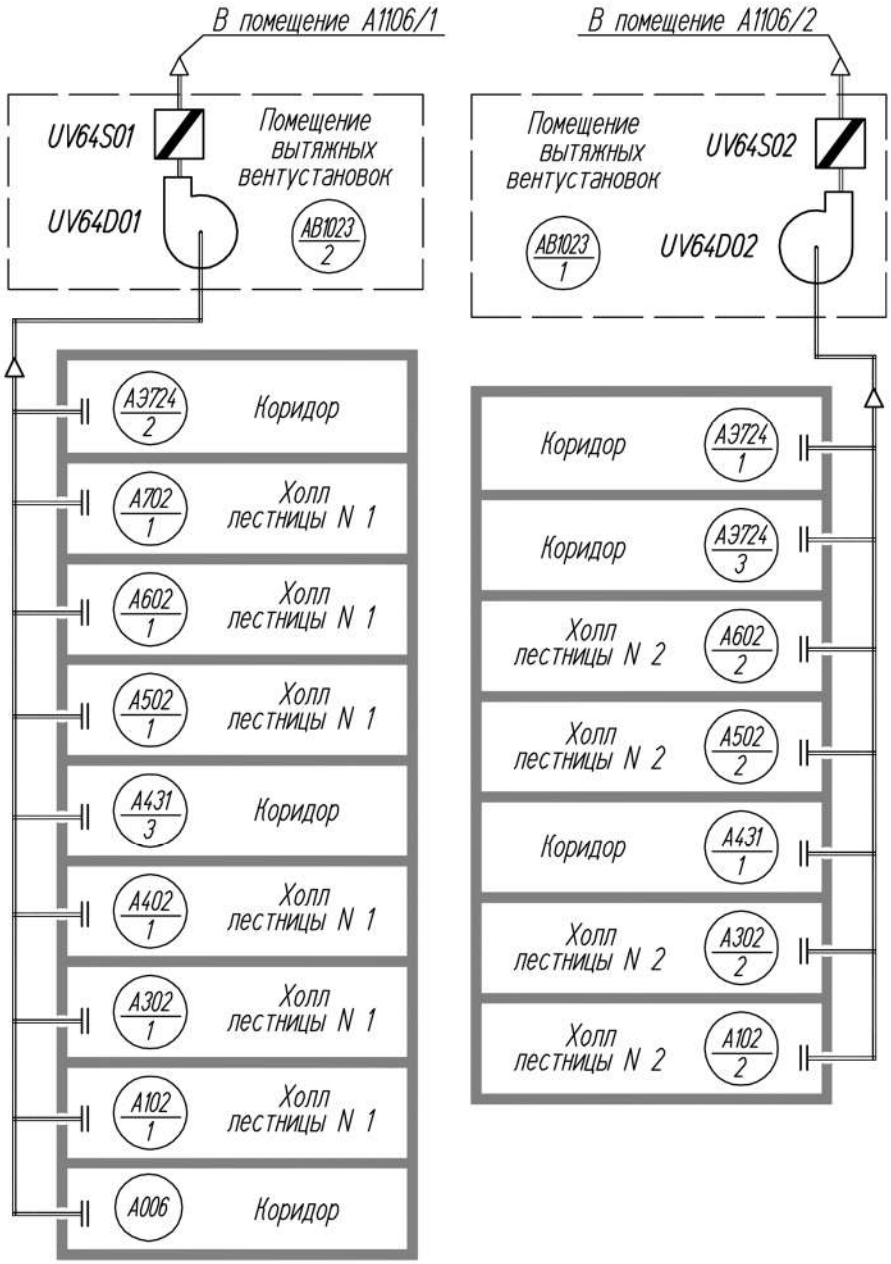


Рисунок 4.45 – Принципиальная схема системы UV64

В спецификации не были указаны воздуховоды гибкие термостойкие, которые должны были после ликвидации пожара одним концом заведены в помещение, в котором произошел пожар, а другим концом подключены к ближайшему патрубку системы UV64.

До настоящего время данная система не использовалась, после закупки воздуховодов гибких термостойких она будет в состоянии выполнять проектные функции.

Данная система может использоваться для удаления ГОТВ из нижней зоны помещений с газовым пожаротушением (см. 6.19 настоящего пособия), она может работать и в режиме местной вытяжной вентиляции при выполнении сварочных и других ремонтных работ в ЗСД.

4.8.4 Аварийная приточная система БПУ (БПУ и РПУ) UV55

Аварийная приточная система UV55 блоков № 1-4 предназначена для подачи воздуха, очищенного от аэрозолей и йода, в БПУ и РПУ при общей радиационной аварии. Принципиальная схема системы UV55 на блоках № 1, 2 показана на рис. 4.46.

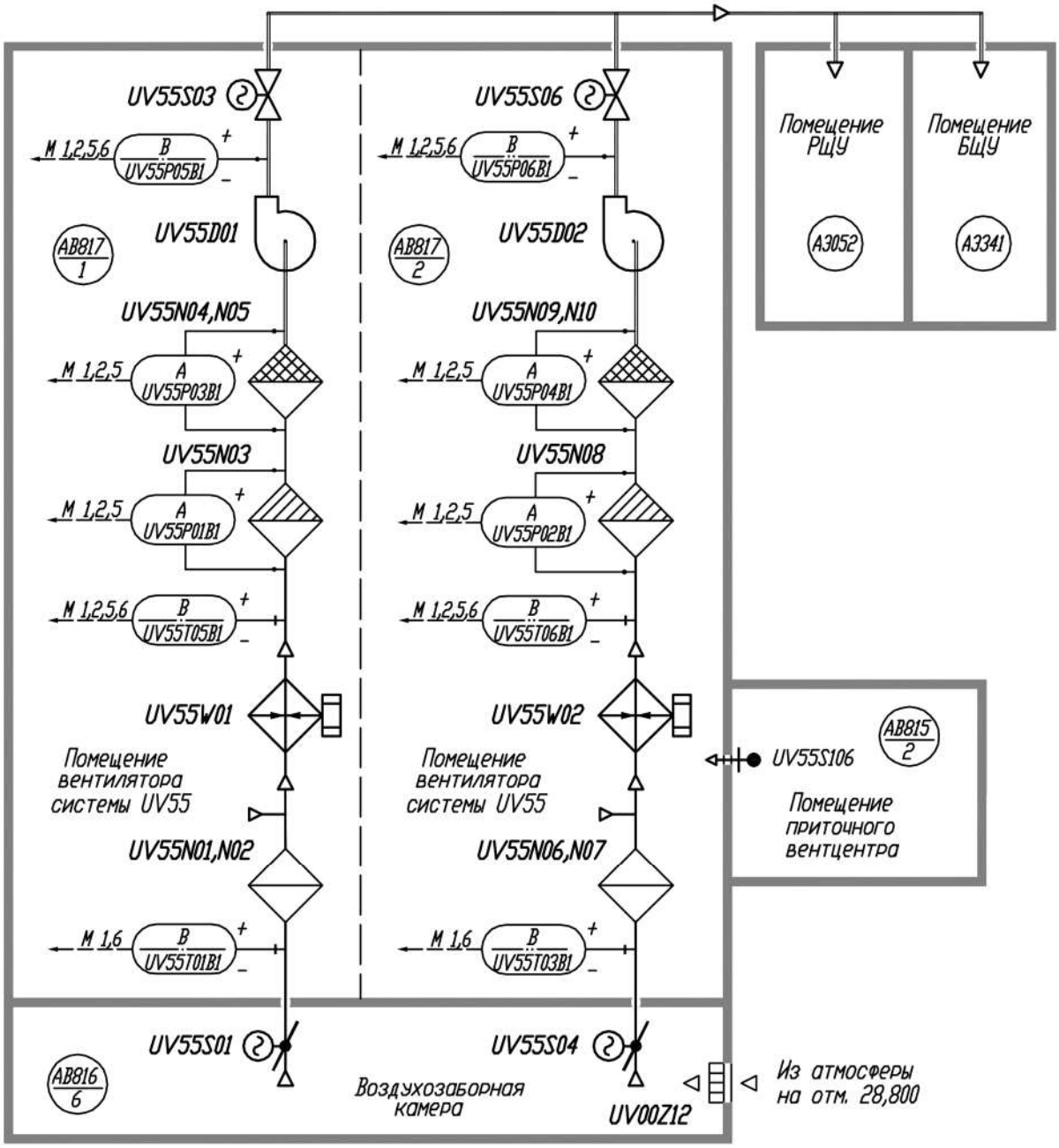


Рисунок 4.46 – Принципиальная схема системы UV55 блоков № 1, 2

Система UV55 состоит из:

- фильтров грубой очистки;
- воздухонагревателей с электрическим нагревом;
- фильтров аэрозольных;
- адсорберов угольных;
- клапанов воздушных утепленных;
- клапанов герметичных вентиляционных;
- воздуховодов.

В действовавших во время разработки рабочей документации блоков № 1, 2 нормах [175] каких-либо требований к аварийной вентиляции щитов управления не было.

Система UV55 состоит из двух независимых ниток, электрооборудование и СИ относятся к двум различным каналам СБ. Оборудование системы UV55 расположено в герметичных боксах АВ817/1, 2 внутри вентцентра АВ815/2. Вход из вентцентра выполнен в бокс АВ817/2, между боксами АВ817/1, 2 установлена перегородка с противопожарной дверью.

Вентиляция боксов АВ817/1, 2 производится при работе системы вентиляции за счет патрубков, установленных перед аэрозольными фильтрами, воздух забирается из вентцентра через КИД.

Принципиальная проектная схема системы UV55 на блоках № 3, 4 показана на рис. 4.47.

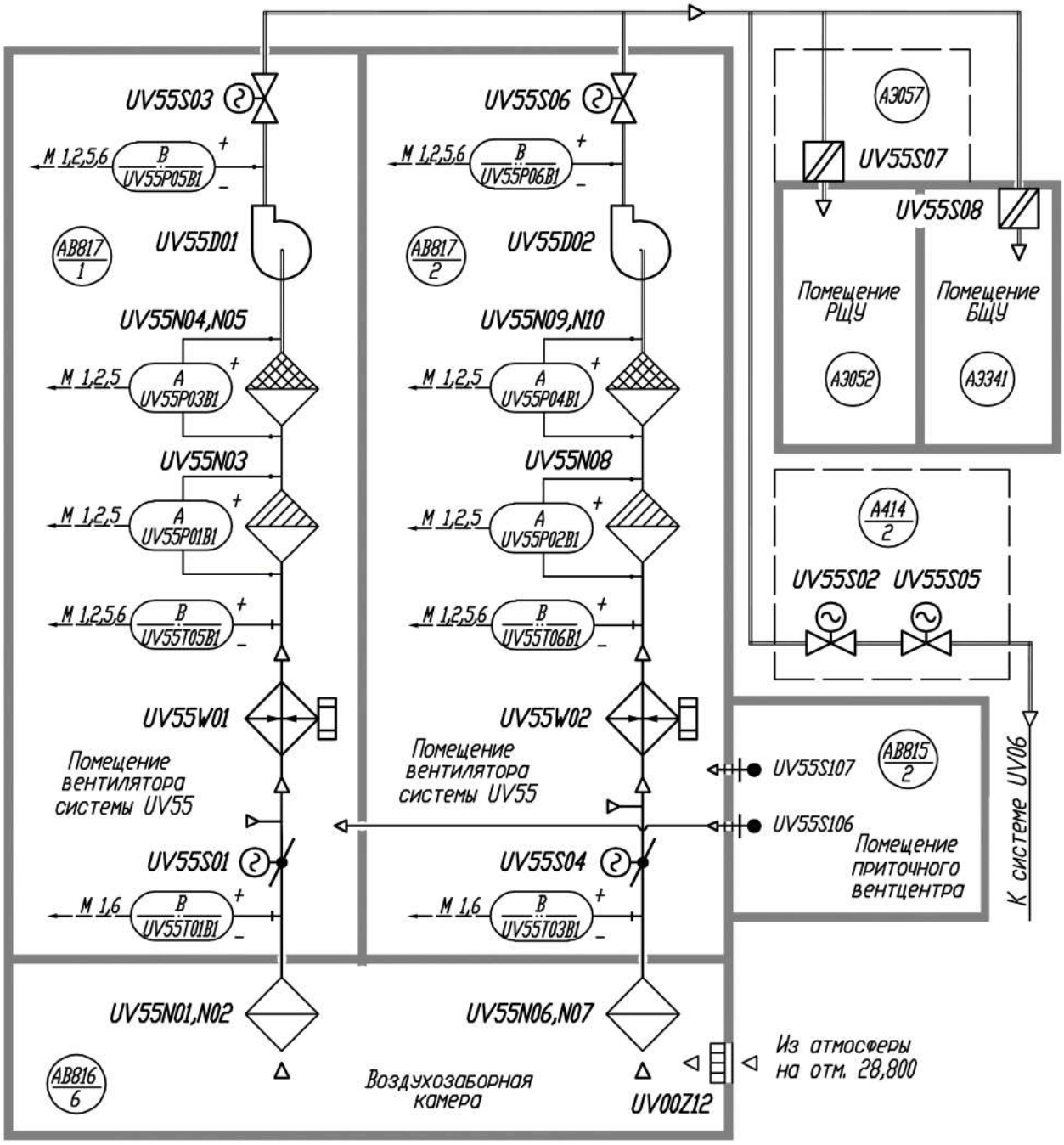


Рисунок 4.47 – Принципиальная проектная схема системы UV55 блоков № 3, 4

Принципиальная схема системы UV55 на блоках № 3, 4 имеет следующие различия с принципиальной схемой той же системы на блоках № 1, 2:

– предусмотрены перемычки между системами UV06 и UV55 для подачи воздуха в помещения БПУ при отключении системы UV06. На перемычках установлены клапаны герметичные вентиляционные UV55S02, S05, запитанные от двух различных каналов СБ и управляемые с БУЗ (БУИМ);

– фильтры грубой очистки перенесены в воздухозаборную камеру (см. 8.4.1 настоящего пособия);

– на воздуховодах в помещения БПУ и РПУ установлены обратные клапаны;

– для вентиляции боксов АВ817/1, 2 установлены два КИД.

Принципиальная схема системы UV55 на блоках № 5, 6 показана на рис. 4.48.

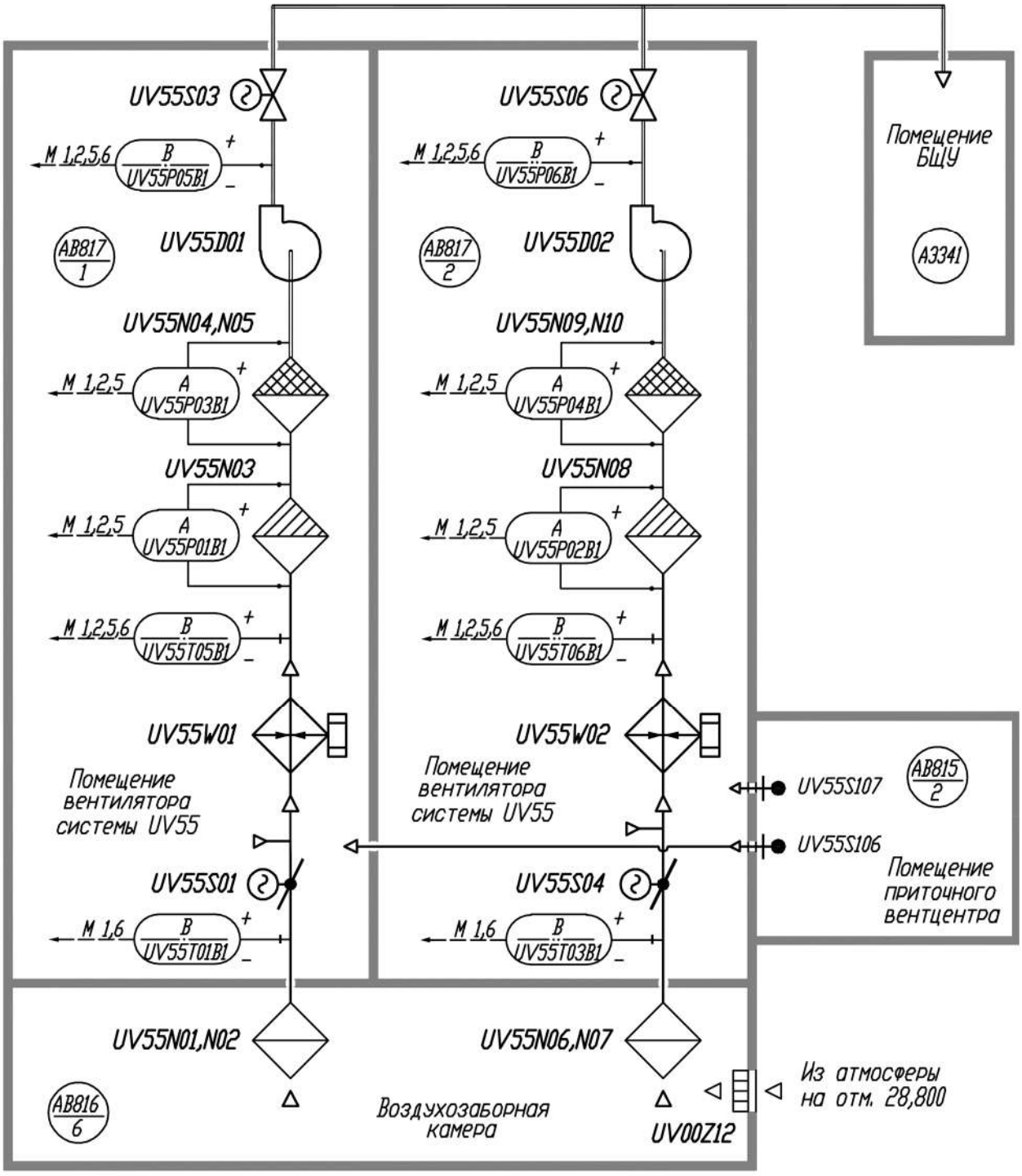


Рисунок 4.48 – Принципиальная схема системы UV55 блоков № 5, 6

На блоках № 5, 6 система UV55 обслуживает только помещение БПУ.

Решением о реконструкции систем кондиционирования воздуха предусмотрена реконструкция системы UV55.

В концептуальном решении предусмотрено:

– отключение воздуховодов системы UV55 от РПУ;

– создание в боксах АВ817/1, 2 избыточного давления воздуха системой UV55;

– установка противопожарных клапанов на стене помещения АВ815/2;

– установка противопожарных клапанов на воздуховоде системы UV55 в помещении БПУ.

Принципиальная схема системы UV55 после реконструкции показана на рис. 4.49.

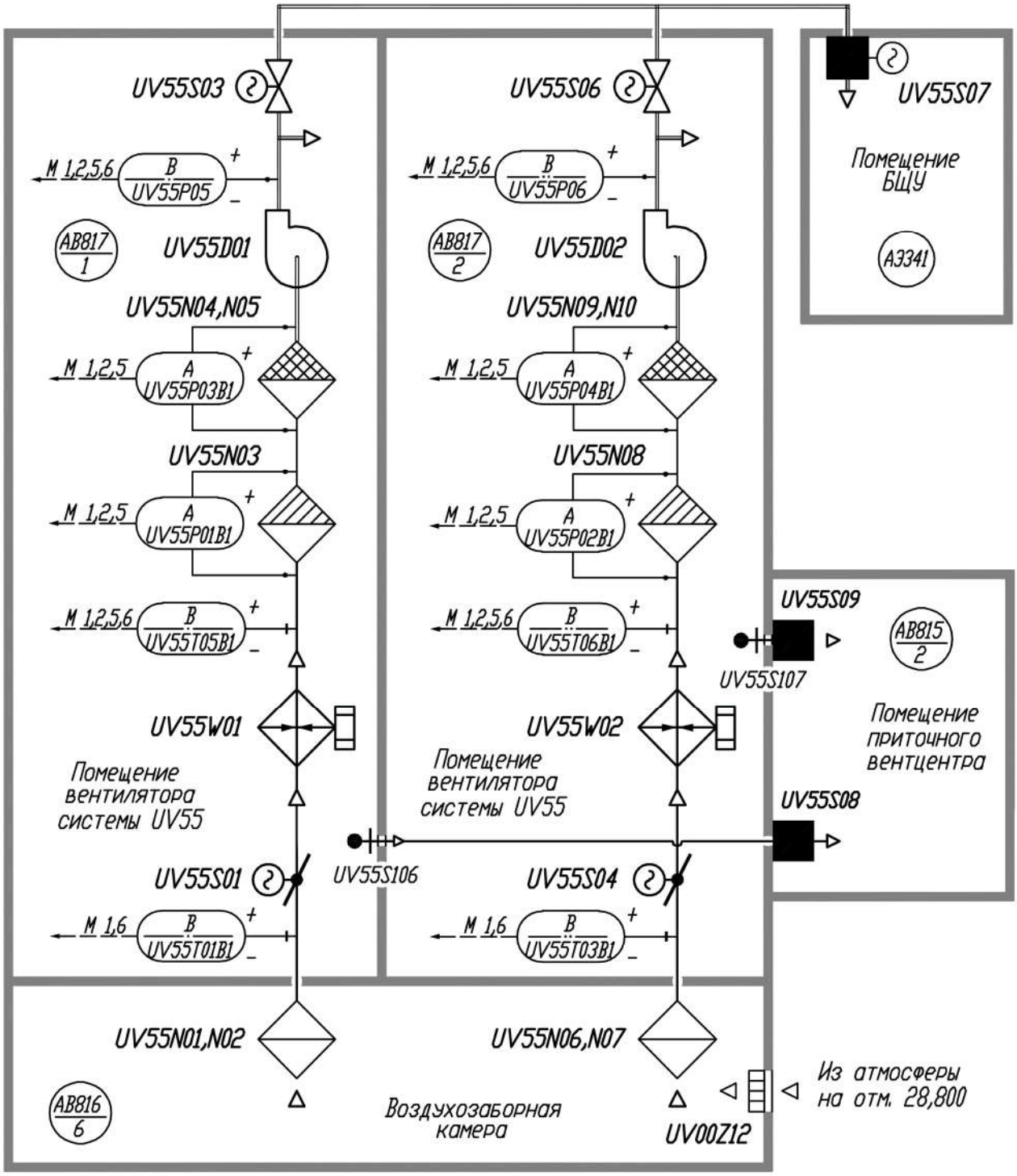


Рисунок 4.49 – Принципиальная схема системы UV55 после реконструкции

При реконструкции систем кондиционирования воздуха должна быть выполнена реконструкция системы UV55.

4.8.5 Аварийная приточная система вентиляции РПУ

В 1988 году были введены в действие нормы [176], в которых для щитов управления (БПУ, РПУ) требовалось предусматривать самостоятельные приточные системы с очисткой на аэрозольных и йодных фильтрах на случаи аварийного загрязнения наружного воздуха.

На блоках № 1-6 данное требование не было реализовано, в ТОБ было отмечено наличие отступления от НД.

В настоящее время аварийная приточная система РПУ существует только в виде рабочей документации для блоков № 1-5, ее монтаж планировался в рамках мероприятия по замене автономных кондиционеров.

Схема аварийной приточной системы вентиляции РПУ приведена на рис. 4.50.

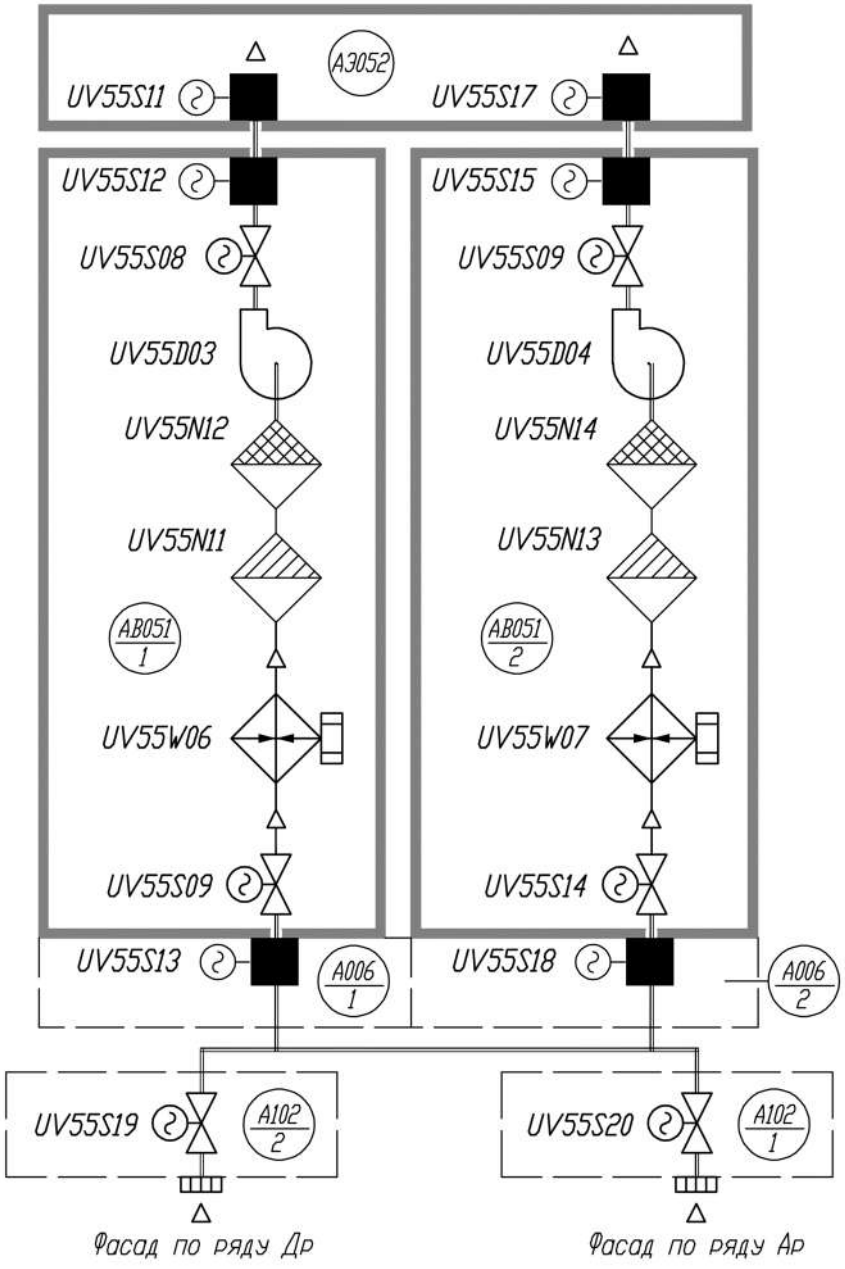


Рисунок 4.50 – Принципиальная схема аварийной приточной системы вентиляции РПУ

В рабочей документации предусмотрено:

– на блоках № 1-4 выполнение проемов в контурных стенах по рядам Ар и Др на отм. 2,200 для забора наружного воздуха, установка на фасадах противовзрывных устройств, установка клапанов герметичных вентиляционных и монтаж трубопроводов до помещений автономных кондиционеров;

– на блоке № 5 использование противовзрывных устройств, клапанов герметичных вентиляционных и трубопроводов, выведенных в резерв после модернизации системы кондиционирования воздуха UV01 (см. 4.7.2 настоящего пособия);

– установка в разных помещениях автономных кондиционеров двух комплектов оборудования: клапанов герметичных вентиляционных, воздухонагревателей с электрическим нагревом, фильтров аэрозольных двухступенчатых, адсорберов угольных и вентиляторов;

– монтаж перемычки в коридоре для возможности забора наружного воздуха любым вентиляторов с любого фасада;

– подключение электрооборудования к двум каналам СБ системы надежного электроснабжения II категории с отказом от АВР;

– отказ от СИ для контроля объемной активности наружного воздуха и перепада давления воздуха на фильтрах аэрозольных и адсорберах угольных.

В рамках доведения блоков до требований НД РФ данная система должна быть смонтирована.

4.9 Управление, автоматическое регулирование и контроль параметров систем вентиляции и кондиционирования воздуха

4.9.1 Управление и контроль параметров систем вентиляции

4.9.1.1 Управление и контроль параметров систем вентиляции и охлаждения герметичной части

Управление системами вентиляции герметичной части TL01, TL04, TL05, TL22, TL48, UV40 производится с панелей безопасности БПУ и РПУ. Управление системами TL02 и TL03 производится из неоперативного контура БПУ.

Управление системой охлаждения проходок TL50 производится со шкафа управления.

Управление ремонтно-аварийными системами вентиляции TL21, TL41, TL49; клапанами герметичными TL21S02, S03, S07, S08, S09 производится с МЩУ. Управление локализующей арматурой систем TL21, TL41, TL48 производится с БУЗ (БУИМ).

Индикация состояния запорной арматуры и вентиляторов систем TL01, TL03, TL04, TL05, TL22, TL48, UV40 осуществляется сигнальными лампами, находящимися рядом с соответствующими ключами управления на панелях безопасности БПУ и РПУ.

Индикация состояния запорной арматуры и вентиляторов системы TL02 осуществляется сигнальными лампами, находящимися рядом с соответствующими ключами управления на панели неоперативного контура БПУ.

Индикация состояния запорной арматуры и вентиляторов систем TL21, TL41 осуществляется сигнальными лампами, находящимися рядом с соответствующими ключами управления на МЩУ.

Параметры систем вентиляции и охлаждения герметичной части выводятся на фрагменты РМО согласно таблице 4.33.

Таблица 4.33

Обозначение фрагмента	Наименование фрагмента	На фрагмент выводятся
TL00T	Т-контроль вентиляторов ГЗ	Температура подшипников электродвигателей систем TL01-TL05 Температура подшипников ходовой части систем TL01-TL05
TL01M1	Охлаждение боксов ПГ	Параметры систем вентиляции TL01D01, TL01D02
TL01M2	Охлаждение боксов ПГ	Параметры систем вентиляции TL01D03, TL01D04
TL01M3	Охлаждение боксов ПГ	Параметры систем вентиляции TL01D05, TL01D06
TL02M	Очистка воздуха герм.обол.	Параметры системы вентиляции TL02

Обозначение фрагмента	Наименование фрагмента	На фрагмент выводятся
TL03M	Охлаждение приводов СУЗ	Параметры системы вентиляции TL03 Температура воздуха, удаляемого из ВБ
TL04M	Охлаждение центрального зала	Параметры системы вентиляции TL04
TL05M	Охлаждение шахты реактора	Параметры системы вентиляции TL05 Температура технической воды группы «А»
TL22M	Вытяжка и приток воздуха ГО	Параметры систем вентиляции TL22, TL42 Положение изолирующих устройств систем вентиляции транспортного коридора (на блоках № 1-4) Температура воздуха в боксах ПГ Температура воздуха в помещении ГА701 Давление воздуха в гермооболочке
TL48M	Воздух к пневмокостюмам ГО	Параметры системы вентиляции TL48 Положение изолирующих устройств TL48S10, S11
UV40M	Охлаждение проходок ГО	Параметры системы вентиляции UV40 Температура воздуха после проходок ТГ-1…ТГ-10, ТГ-51, ТГ-52
XQXA	РК центрального зала	Объемная активность воздуха, удаляемого системами TL21, TL22, по аэрозолям, йоду и ИРГ
Y000B1 Y000B2 Y000B3	Состояние готовности АВР	Состояние готовности вентиляторов, управляемых с БПУ
Y000C2	Состояние готовности АВР	Состояние готовности вентиляторов, управляемых с БПУ
YC00П	Шахта реактора Т-контроль	Температура бетона в консоли Температура воздуха, удаляемого из ВБ Температура металла опорной фермы Температура бетона шахты реактора Состояние вентиляторов систем TL03, TL05

При открытом положении клапанов запорно-обратных систем TL01-TL05 на панели БПУ и фрагменты УВС блоков № 1-3 выводится двойная индикация о положении электроприводов указанной арматуры (промежуточное положение), что является особенностью примененных приводов AUMA и не сигнализирует о неисправности.

Например, на рис. 4.51 и 4.52 показано, что электроприводы клапанов TL03S01 и TL03S03 находятся в промежуточном положении, хотя они открыты (видно, что вентиляторы TL03D01 и TL03D03 работают).

Для примера фрагменты TL03M блоков № 1, 2, 4, 5, 6 показаны на рис. 4.51-4.55.

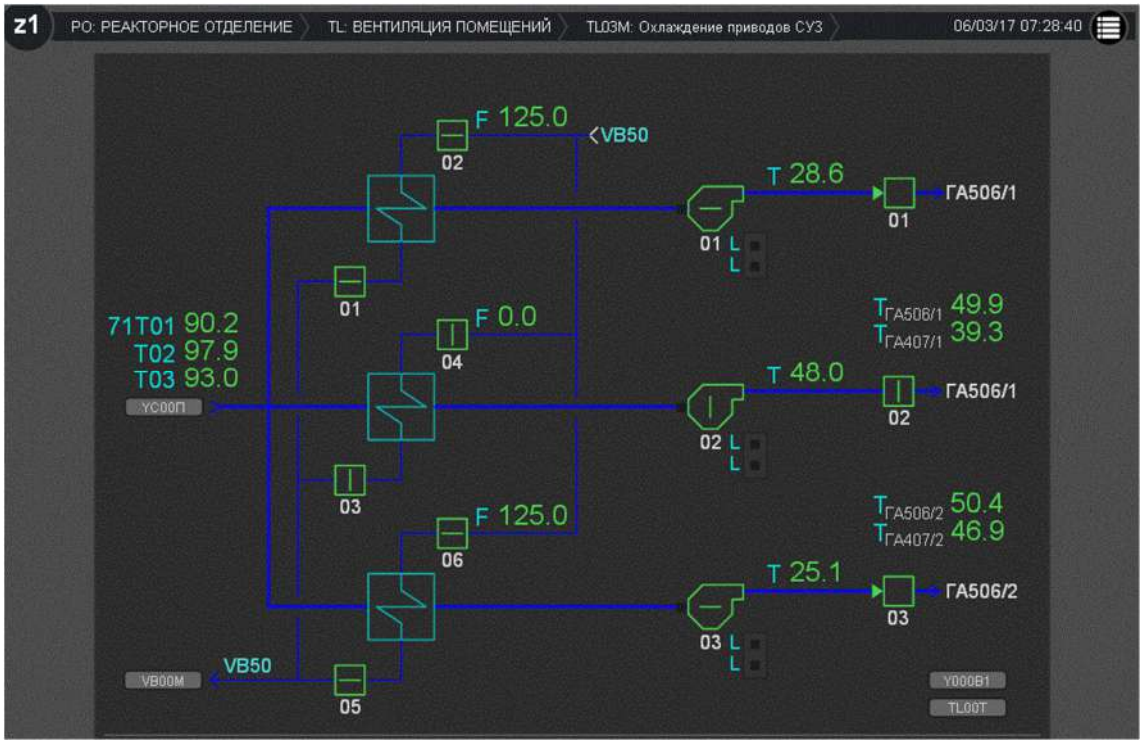


Рисунок 4.51 – Фрагмент TL03M блока № 1

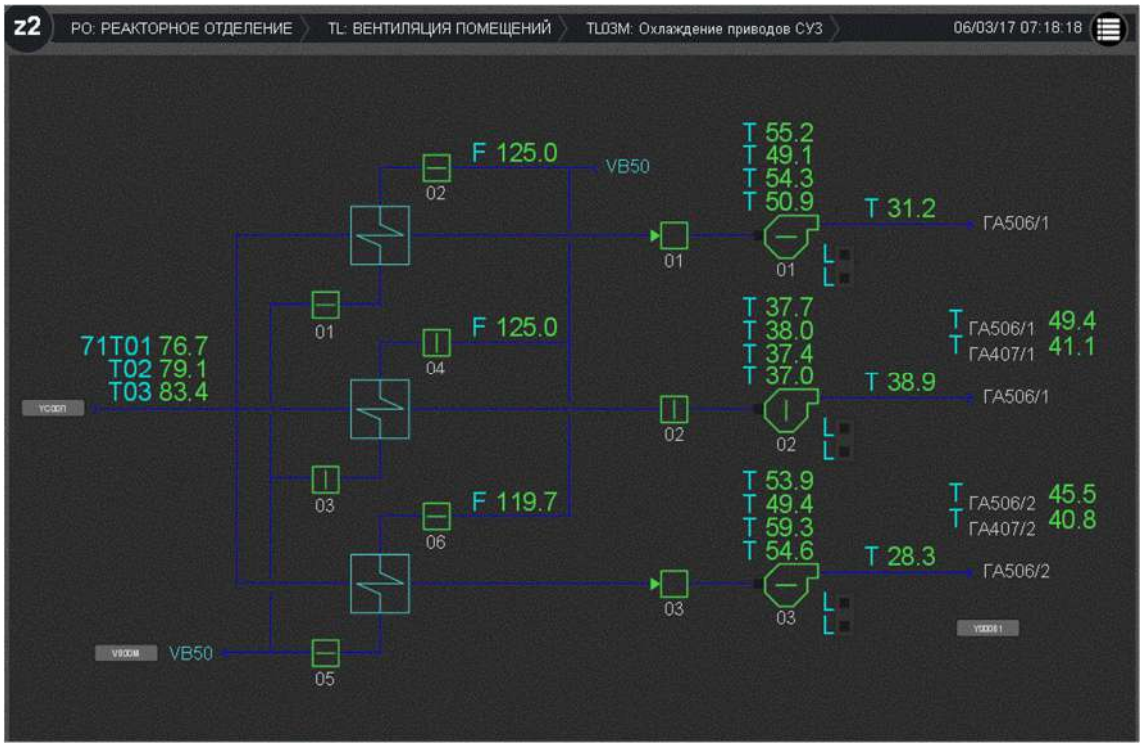


Рисунок 4.52 – Фрагмент TL03M блока № 2

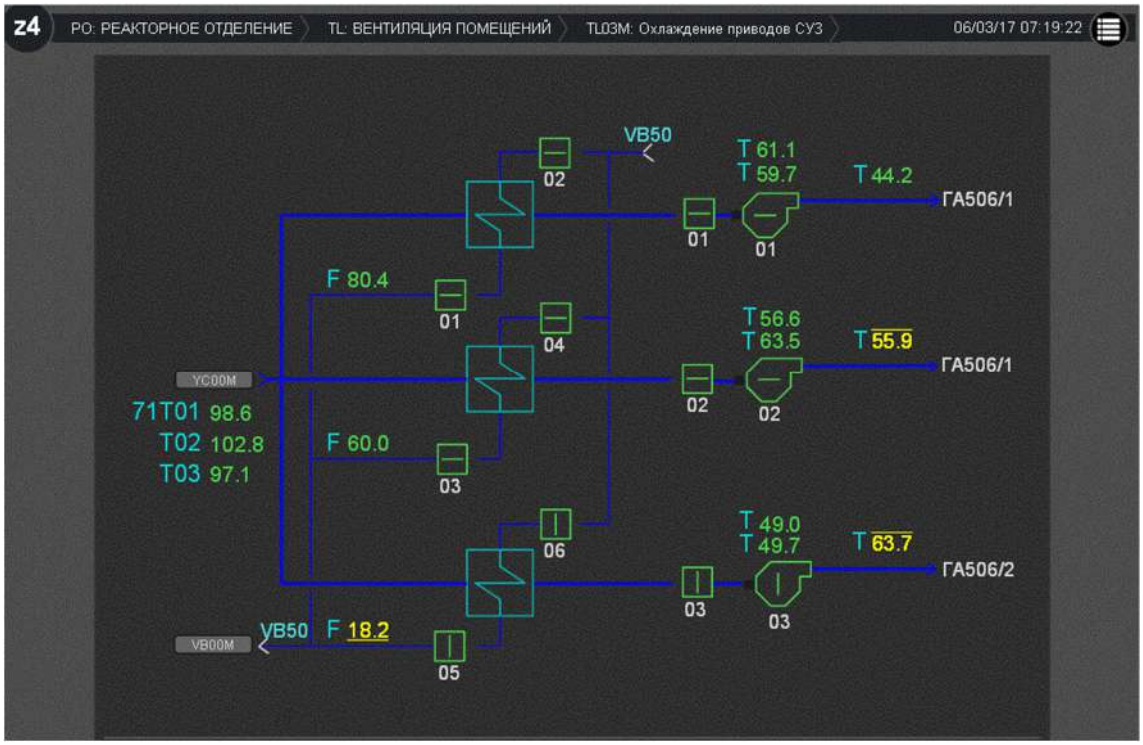


Рисунок 4.53 – Фрагмент TL03M блока № 4

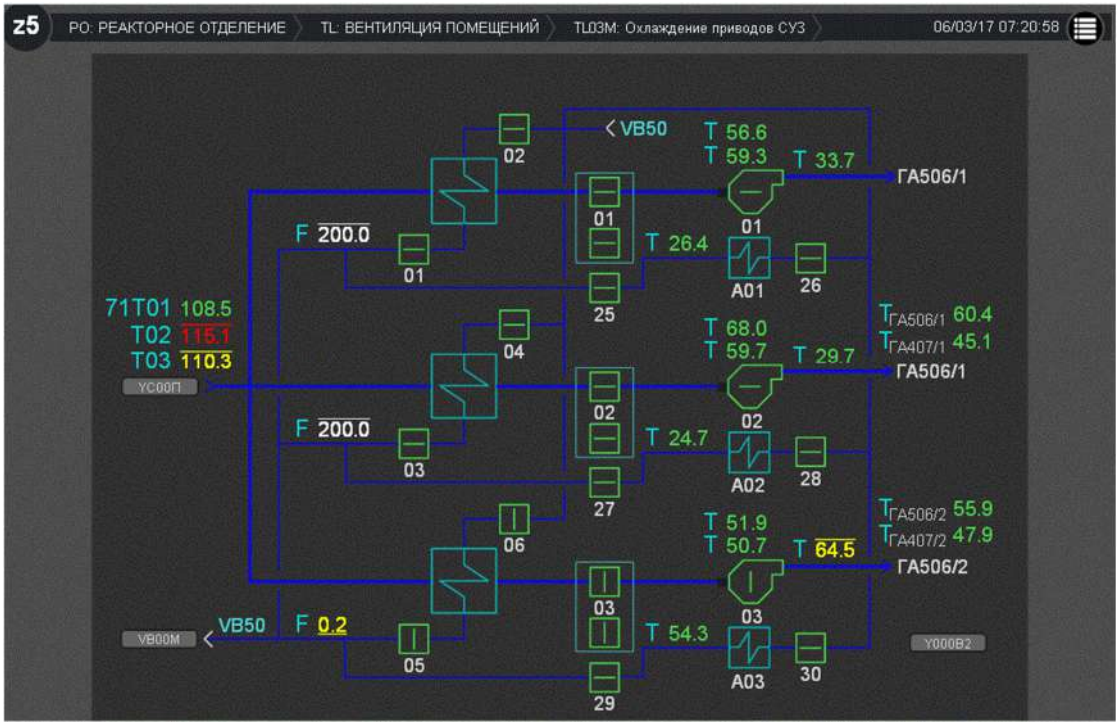


Рисунок 4.54 – Фрагмент TL03M блока № 5

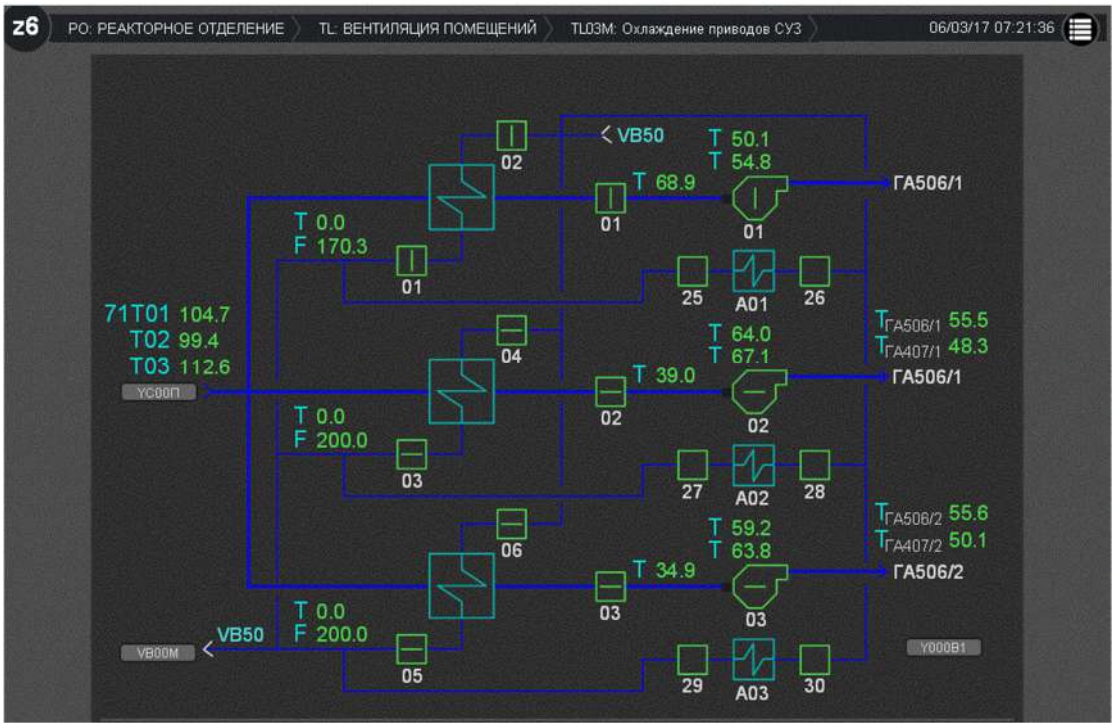


Рисунок 4.55 – Фрагмент TL03M блока № 6

На фрагментах, выводимых на дисплеи РМО, выводится информация:

– о состоянии вентиляторов (включен или отключен);

– о положении арматуры (открыта или закрыта);

– о срабатывании аварийных защит (например, о недопустимом уровне масла в ходовой части вентиляторов);

– о температуре воздуха и воды.

На фрагментах применяются условные цвета для значений параметров:

– зеленый – между НРГ и ВРГ;

– желтый – менее НРГ или более ВРГ;

– красный – менее НАГ или более ВАГ.

4.9.1.2 Управление и контроль параметров систем охлаждения фундаментной части и обстройки

Управление системами охлаждения фундаментной части TL06, TL07, TL08, TL09, TL10, TL13 производится с панелей безопасности БПУ.

Индикация состояния запорной арматуры и вентиляторов осуществляется сигнальными лампами, находящимися рядом с соответствующими ключами управления на панелях безопасности БПУ.

Параметры систем охлаждения фундаментной части и обстройки выводятся на фрагменты РМО согласно таблице 4.34.

Таблица 4.34

Обозначение фрагмента	Наименование фрагмента	На фрагмент выводятся
TL06M	Охлаждение помещ. насосов ТК	Параметры системы вентиляции TL06 Температура воздуха в помещениях А018/1-3 Расход воды от ПЭМ на системы TL06-TL09
TL07M	Охлаждение помещ. теплообмен. ТК	Параметры системы вентиляции TL07 Температура воздуха в помещении А319
TL08M	Охл. помещений ТК10В01	Параметры системы вентиляции TL08 Температура воздуха в помещении А423

Обозначение фрагмента	Наименование фрагмента	На фрагмент выводятся
TL09M	Охлаждение помещ. насосов TF	Параметры системы вентиляции TL09 Температура воздуха в помещении A317/1-3
TL10M	Охлаждение помещ. нас. TQ и TX	Параметры систем вентиляции TL10, UV05 Температура воздуха в помещениях A036/1-3 Температура воздуха в помещениях A038/1-3
TL13M	Охлажд. проходок ГО	Параметры системы вентиляции TL13 Температура воздуха в помещениях A327/1-3 Температура воздуха после проходок ТГ-221…ТГ-226, ТГ-289
Y000B1 Y000B2 Y000B3	Состояние готовности АВР	Состояние готовности вентиляторов, управляемых с БПУ
Y000C2	Состояние готовности АВР	Состояние готовности вентиляторов, управляемых с БПУ

4.9.1.3 Управление и контроль параметров систем вентиляции

Управление системами вентиляции TL47 и UV55 производится с панелей безопасности БПУ и РПУ, остальными системами вентиляции – с МЩУ.

Управление системой кондиционирования воздуха UV06 (кроме блока № 4) производится из неоперативного контура БПУ. На блоке № 4 управление системой UV06 производится со шкафов управления, входивших в комплект поставки центральных кондиционеров.

Управление клапанами герметичными UV55S02, S05 на блоках № 3, 4 производится с БУЗ (БУИМ).

Управление клапанами герметичными системы TL27 на границах помещений АК329/1-3, АК335/1-3 производится с БУЗ (БУИМ).

Индикация состояния запорной арматуры и вентиляторов систем TL47 и UV55 осуществляется сигнальными лампами, находящимися рядом с соответствующими ключами управления на панелях безопасности БПУ и РПУ.

Индикация состояния запорной арматуры и вентиляторов системы UV06 (кроме блока № 4) осуществляется сигнальными лампами, находящимися рядом с соответствующими ключами управления на панели неоперативного контура БПУ.

Управление клапанами герметичными TL23S05-S09 производится с МЩУ.

Индикация состояния запорной арматуры и вентиляторов остальных систем вентиляции осуществляется сигнальными лампами, находящимися рядом с соответствующими ключами управления на МЩУ.

Включение систем приточной противодымной вентиляции лестничных клеток UV58 и TL44 производится:

- с БПУ;
- с МЩУ;
- с кнопок на всех отметках лестничных клеток (на блоке № 6);
- с этажных шкафов управления (системы UV58 на блоках № 1-5);
- АПС.

Отключение систем приточной противодымной вентиляции лестничных клеток UV58 и TL44 производится с соответствующих МЩУ.

Управление клапанами противопожарными производится с пультов управления.

Параметры части систем вентиляции выводятся на фрагменты РМО согласно таблице 4.35.

Таблица 4.35

Обозначение фрагмента	Наименование фрагмента	На фрагмент выводятся
TL27M	Локализация помещ. КИП 1к. и РК	Положение арматуры на стенах помещений АК329/1-3, АК335/1-3
TL47M	Воздух к пневмокостюмам обстройки	Параметры системы вентиляции TL47
UM00П2	Теплосеть	Температура сетевой воды
UV55M	Воздухоснабжение БПУ	Параметры систем вентиляции UV06, UV55 Температура наружного воздуха
РВБ РВБ1	Выбросы в венттрубы 1, 2 (Бк)	Объемный расход воздуха через венттрубы № 1 та № 2

4.9.1.4 Управление и контроль параметров систем кондиционирования воздуха

Управление системами кондиционирования воздуха производится (кроме системы TL12 и систем кондиционирования воздуха на блоках № 2, 6) со встроенных щитов управления. На системах TL12 и систем кондиционирования воздуха на блоках № 2, 6 управление системами кондиционирования воздуха производится с выносных шкафов управления.

Управление системой кондиционирования воздуха TL16 производится с выносных шкафов управления. Управление клапанами герметичными UV01S01-S04 на блоке № 6 производится с БУЗ, клапанами противопожарными – с пультов управления.

Параметры систем кондиционирования воздуха (кроме системы TL12 и систем кондиционирования воздуха на блоках № 2, 6) выводятся на контроллеры автономных кондиционеров.

Параметры систем кондиционирования воздуха выводятся на фрагменты РМО согласно таблице 4.36.

Таблица 4.36

Обозначение фрагмента	Наименование фрагмента	На фрагмент выводятся
ТКОНТ	Температурный контроль помещений	Температура воздуха в помещениях АЭ052, АЭ128/1-3, АЭ340, АЭ341, АЭ408/1-3, АЭ725/1, 2; АЭ726, АЭ733

4.9.2 Блокировки систем вентиляции и кондиционирования воздуха

4.9.2.1 Общеблочные защиты

На системы управления оборудования вентиляции и кондиционирования воздуха, запитанных от сборок II категории надежного питания, воздействуют общеблочные защиты, имеющие приоритет над всеми защитами и блокировками нормальной эксплуатации, а именно: при обесточении и запуске ДГ запрещается включение вентиляторов и автономных кондиционеров, их АВР (до набора мощности соответствующей ступени ДГ).

Действия блокировок при обесточении и запуске ДГ на блоках № 1-5 приведены в таблице 4.37.

Таблица 4.37

Обозначение сигнала из схемы АСП	Состояние системы электроснабжения	Действия блокировок
TQS04(05,06)B05	Обесточение, ДГ запускается	Отключение работающих вентиляторов систем TL01, TL04, TL05, TL22, UV55
TQS04(05,06)B06		Запрет АВР систем TL01, TL04, TL05, TL22, TL47, TL48, UV21-UV23, UV29-UV31, UV40, UV41-UV43, UV50, UV55
TQS04(05,06)B08		Запрет дистанционного включения вентиляторов систем TL01, TL04, TL05
TQS04(05,06)B09		Запрет дистанционного включения вентиляторов систем TL10, TL13, TL22, UV40
		Запрет включения вентиляторов систем UV21-UV23, UV24-UV26, UV29-UV31, UV33, UV34, UV44-UV46, UV50, UV53, UV54, UV55
TQS04(05,06)B10	ДГ на первой ступени мощности	Включаются с запретом дистанционного отключения вентиляторы систем TL13, TL47, TL48, UV40
TQS04(05)B14	ДГ на третьей ступени мощности	Включаются с запретом дистанционного отключения вентиляторы системы UV55
TQS04(05,06)B15	ДГ на седьмой ступени мощности	Включаются вентиляторы систем TL01, TL04, TL05, TL22

Действия блокировок при обесточении и запуске ДГ на блоке № 6 приведены в таблице 4.38.

Таблица 4.38

Обозначение сигнала из схемы АСП	Состояние системы электроснабжения	Действия блокировок
TQS04(05,06)B05	Обесточение, ДГ запускается	Отключение работающих вентиляторов системы UV55
TQS04(05,06)B06		Запрет АВР систем TL01, TL04, TL05, TL22, TL47, TL48, UV21-UV23, UV29-UV31, UV40, UV50, UV55
TQS04(05,06)B08		Запрет дистанционного включения вентиляторов систем TL01, TL04, TL05
TQS04(05,06)B09		Запрет дистанционного включения вентиляторов систем TL10, TL22
		Запрет включения вентиляторов систем UV21-UV23, UV29-UV31, UV44-UV46, UV50, UV55
TQS04(05,06)B10	ДГ на первой ступени мощности	Включаются с запретом дистанционного отключения вентиляторы систем TL13, TL47, TL48, UV40
TQS04(05)B13		Включаются с запретом дистанционного отключения вентиляторы системы UV55
TQS04(05,06)B15		Включаются вентиляторы системы TL01
TQS04(05,06)B24		Включаются вентиляторы систем TL04, TL05, TL22

При формировании алгоритма ступенчатого нагружения ДГ блока № 6 не учтены требования эксплуатационной документации клапанов запорно-обратных комбинированных К99074-1000, К99074-1200.

При отключении питания одного или нескольких каналов СБ работающие вентиляторы систем TL01, TL04, TL05 отключаются, электроприводы клапанов запорно-обратных комбинированных остаются в открытом положении, а затворы указанных клапанов закрываются под действием собственного веса. Для повторного открытия затворов их электроприводы должны быть переведены в положение «Закрыто».

При запуске ДГ на первой ступени мощности (через 15 с) на сборки надежного питания подается напряжение, электроприводы клапанов запорно-обратных комбинированных на ранее работавших вентиляторах начинают принудительно закрываться, время их закрытия по паспорту составляет (50-55) с.

На блоках № 1-5 вентиляторы систем TL01, TL04, TL05 включаются на седьмой ступени мощности, т.е. через 60 с после формирования сигнала ступенчатого пуска, за это время электроприводы клапанов запорно-обратных комбинированных успевают закрыться.

А на блоке № 6 вентиляторы систем TL01, TL04, TL05 включаются на первой ступени мощности (через 15 с), на электроприводы клапанов запорно-обратных комбинированных, находящихся в открытом положении, подается напряжение для открытия затворов. Подается также напряжение и на электромагнитные муфты, сцепляющие электроприводы с валами затворов, находящихся в закрытом положении.

В результате на клапанах запорно-обратных комбинированных систем TL01, TL04, TL05 блока № 6 неоднократно имели место случаи повреждения муфт сцепления, искривления штоков электроприводов, повреждения ограничителей хода электроприводов.

Было разработано и согласовано с Госатомрегулирования решение об изменении алгоритмов управления вентагрегатами систем TL01, TL04, TL05 блока № 6, а именно, введения 60-ти секундной задержки запуска вентагрегатов системой АСП, но его реализация оказалась Запорожской АЭС не по силам.

Проблема частично была решена за счет регулировки положения противовесов и установки тросов повышенной прочности, после чего повреждений клапанов не было.

4.9.2.2 Блокировки систем вентиляции и охлаждения герметичной части

Системы вентиляции и охлаждения герметичной части входят в состав соответствующих каналов СБ и на них воздействуют общеблочные защиты:

– при температуре теплоносителя в I контуре более 150 °С закрывается с запретом открытия локализующая арматура систем TL21, TL41;

– при давлении воздуха в защитной оболочке более 0,003 кгс/см^2 (по схеме два из четырех) отключаются с запретом включения вентиляторы системы TL22 и закрывается с запретом открытия локализующая арматура TL22, TL42. При давлении воздуха в защитной оболочке менее 0,0015 кгс/см^2 (по схеме два из двух) данная блокировка снимается;

– при давлении воздуха в защитной оболочке более 0,3 кгс/см^2 отключаются все вентиляторы систем TL01-TL05.

При соответствующем положении КВРР выполняется ввод АВР, т.е. подготовка схемы управления. При отключении работающего вентилятора производится включение резервного вентилятора по АВР (системы TL01 – в пределах одного канала СБ).

Как показано в 4.2.1 настоящего пособия, АВР систем охлаждения TL01 и TL04 был предусмотрен в рабочей документации по ошибке.

При включении вентилятора систем TL01-TL05 открытие соответствующего клапана запорно-обратного комбинированного происходит в следующей последовательности:

– электроприводом тарель клапана принудительно открывается;

– электропривод расцепляется с тарелью и закрывается на 90°;

– тарель поддерживается в открытом положении потоком воздуха.

При отключении вентилятора систем TL01-TL05 закрытие соответствующего клапана запорно-обратного комбинированного происходит в следующей последовательности:

– тарель закрывается противовесом;

– электропривод сцепляется с тарелью и уплотняет ее в закрытом положении.

При соблюдении всех следующих условий:

– работе соответствующего вентилятора систем TL01, TL04, TL05;

– температуры технической воды группы «А» более 15 °С;

– давлении рабочей воды от ПЭМ UX11H01 более 2,8 кгс/см^2

открываются задвижки с электроприводом для подачи рабочей воды от ПЭМ UX11H01 на соответствующую группу воздухоохладителей.

Закрываются по блокировке задвижки с электроприводом для подачи рабочей воды от ПЭМ UX11H01 на соответствующую группу воздухоохладителей при температуре технической воды группы «А» менее 15 °С.

Рабочей документацией предусмотрено отключение вентилятора систем TL01-TL05:

– при неоткрытии соответствующего клапана запорно-обратного комбинированного в течение 120 с;

– при температуре наружной обоймы подшипников более 80 °С;

– при температуре наружной обоймы подшипников электродвигателей более 120 °С (на блоках № 1, 2 – более 140 °С);

– при температуре обмоток статора более 150 °С (кроме блоков № 1, 2);

– при уровне масла в ходовой части менее или более нормы (только на блоках № 1, 2).

При включении вентилятора системы TL03 открываются по блокировке задвижки с электроприводом для подачи технической воды группы «В» на соответствующие воздухоохладители. При отключении вентилятора задвижки по блокировке закрываются.

Рабочей документацией предусмотрены блокировки системы TL21, TL41 и TL49 согласно таблице 4.39.

Таблица 4.39

Условие (алгоритм) срабатывания ТЗБ	Воздействие ТЗБ
Включение в/а TL21D01	Открывается клапан герметичный TL21S01
Включение в/а TL21D02	Открывается клапан герметичный TL21S04
Включение в/а TL21D03	Открываются клапаны герметичные TL21S05, S06
Отключение в/а TL21D01	Закрываются клапаны герметичные TL21S01, S02, S03, S07, S08, S09
	Отключается в/а TL41D01
Отключение в/а TL21D02	Закрывается клапан герметичный TL21S04
	Отключается в/а TL49D01
Отключение в/а TL21D03	Закрываются клапаны герметичные TL21S05, S06
	Отключается в/а TL49D02
Отключение в/а TL21D02 или TL21D03	Отключается в/а TL41D02
Отключение в/а TL21D02 и TL21D03	Отключается в/а TL41D03

Рабочей документацией предусмотрены защиты и блокировки системы TL22:

– открытие (закрытие) соответствующих клапанов герметичных при включении (отключении) вентилятора;

– отключение вентилятора при неоткрытии соответствующих клапанов герметичных (одного или обоих) в течение 120 с;

– ввод АВР при давлении воздуха на выходе вентилятора более 40 кгс/м^2;

– включение резервного вентилятора по АВР при давлении воздуха на выходе вентилятора менее 30 кгс/м^2.

Защиты и блокировки системы TL41 описаны в 4.9.2.4 настоящего пособия.

Рабочей документацией предусмотрены защиты и блокировки системы TL48:

– открытие (закрытие) соответствующей электроприводной арматуры при включении (отключении) вентилятора;

– отключение вентилятора при неоткрытии соответствующей электроприводной арматуры (одной или двух) в течение 45 с;

– ввод АВР при давлении воздуха на выходе вентилятора более 400 кгс/м^2;

– включение резервного вентилятора по АВР при давлении воздуха на выходе вентилятора менее 300 кгс/м^2;

– открытие задвижки с электроприводом для подачи сетевой воды на соответствующий воздухонагреватель при температуре приточного воздуха менее 15 °С;

– закрытие задвижки с электроприводом для подачи сетевой воды на соответствующий воздухонагреватель при температуре приточного воздуха более 20 °С.

Рабочей документацией предусмотрены блокировки системы UV40:

– ввод АВР при давлении воздуха на выходе вентилятора более 60 кгс/м^2;

– включение резервного вентилятора по АВР при давлении воздуха на выходе вентилятора менее 10 кгс/м^2.

4.9.2.3 Блокировки систем охлаждения фундаментной части и обстройки

Вентиляторы систем охлаждения TL06, TL09, TL10 и UV05 включаются (отключаются) при включении (отключении) технологического оборудования:

– TL06D01 – подпиточного насоса TK21D02;
– TL06D02 – подпиточного насоса TK22D02;
– TL06D03 – подпиточного насоса TK23D02.
– TL09D01 – насоса промконтура TF31D01;
– TL09D02 – насоса промконтура TF32D01;
– TL09D03 – насоса промконтура TF33D01.
– TL10D01 – насоса аварийного и планового расхолаживания TQ12D01;
– TL10D02 – насоса аварийного и планового расхолаживания TQ22D01;
– TL10D03 – насоса аварийного и планового расхолаживания TQ32D01.
– UV05D01 – АПЭН TX10D01;
– UV05D02 – АПЭН TX20D01;
– UV05D03 – АПЭН TX30D01.

Вентиляторы систем охлаждения TL07, TL08, TL13 при температуре воздуха в помещении A319, A423 и A327/1-3 соответственно:

– более 35 °С – включаются;
– менее 22 °С – отключаются.

Вентиляторы системы охлаждения TL13 также включаются при запуске ДГ.

Рабочей документацией предусмотрены блокировки систем TL07, TL08:

– ввод АВР при давлении воздуха на выходе вентилятора более 18 кгс/м^2;

– включение резервного вентилятора по АВР при давлении воздуха на выходе вентилятора менее 10 кгс/м^2.

При соблюдении всех следующих условий:

– работе соответствующего вентилятора систем TL06, TL07, TL08, TL09;

– давлении рабочей воды от ПЭМ UX11H01 более 4,5 кгс/см^2

открываются задвижки с электроприводом для подачи рабочей воды от ПЭМ UX11H01 на соответствующую группу воздухоохладителей.

При отключении соответствующего вентилятора систем TL06, TL07, TL08, TL09 или давлении рабочей воды от ПЭМ UX11H01 менее 4,0 кгс/см^2 закрываются задвижки с электроприводом для подачи рабочей воды от ПЭМ UX11H01 на соответствующую группу воздухоохладителей.

4.9.2.4 Блокировки систем вентиляции

Рабочей документацией предусмотрены защиты и блокировки систем вытяжной вентиляции:

– открытие (закрытие) соответствующих клапанов герметичных (клапанов воздушных) при включении (отключении) вентилятора;

– отключение вентилятора при неоткрытии одного или двух соответствующих клапанов герметичных (клапанов воздушных) в течение 60 с;

– включение резервного вентилятора по АВР при отключении работающего вентилятора.

При избыточном давлении воздуха в помещениях АК329/1-3, АК335/1-3 более уставки (см. 4.5.2 настоящего пособия) закрывается с запретом открытия арматуры системы TL27 на границах помещения, в котором произошел разрыв импульсной трубки.

Рабочей документацией предусмотрены защиты и блокировки систем приточной вентиляции герметичной части и обстройки:

– отключение вентилятора при отключении или невключении по АВР в течение 1 с соответствующей системы вытяжной вентиляции;

– открытие (закрытие) соответствующей электроприводной арматуры при включении (отключении) вентилятора;

– отключение вентилятора при неоткрытии соответствующих клапанов воздушных (одного или двух) в течение 60 с;

– отключение вентилятора при температуре наружного воздуха менее 3 °С и неоткрытии соответствующих клапанов регулирующих на сетевой воде в течение 60 с;

– отключение вентилятора при температуре наружного воздуха менее 3 °С и температуре сетевой воды в обратном трубопроводе менее 20 °С.

Рабочей документацией предусмотрены блокировки систем приточной противодымной вентиляции UV58 и TL44:

– открытие (закрытие) соответствующих клапанов воздушных утепленных при включении (отключении) вентилятора;

– включение вентиляторов (при наличии) и открытие клапанов дымовых на этаже пожара (на системе UV58 блоков № 1-5);

– поддержание нормируемого избыточного давления воздуха на лестничных клетках (на системе UV58 блоков № 1-5);

– включение четырех вентиляторов с последующим отключением одного (на системе TL44 блоков № 1-6 и на системе UV58 блока № 6).

Рабочей документацией предусмотрены защиты и блокировки системы TL47:

– отключение вентилятора при неоткрытии соответствующей электроприводной арматуры (одной или двух) в течение 45 с;

– ввод АВР при давлении воздуха на выходе вентилятора более 400 кгс/м^2;

– включение резервного вентилятора по АВР при давлении воздуха на выходе вентилятора менее 300 кгс/м^2;

– открытие задвижки с электроприводом для подачи сетевой воды на соответствующий воздухонагреватель при температуре приточного воздуха менее 15 °С;

– закрытие задвижки с электроприводом для подачи сетевой воды на соответствующий воздухонагреватель при температуре приточного воздуха более 20 °С.

Рабочей документацией предусмотрены блокировки систем UV29, UV30, UV31, UV50:

– включение вентилятора при температуре воздуха в соответствующем кабельном этаже более 40 °С;

– отключение вентилятора при температуре воздуха в соответствующем кабельном этаже менее 30 °С.

4.9.2.5 Блокировки на системах кондиционирования воздуха рабочей документацией не предусмотрены.

4.9.3 Уставки срабатывания защит и блокировок

В рабочей документации части систем вентиляции (комплект чертежей ТТК) для измерения давления воздуха в воздуховодах указаны уставки выдачи сигнала в схему ввода и срабатывания АВР: «выше нормы» и «ниже нормы».

Данные записи на чертежах создавали трудности для наладчиков при настройке АДП из-за неопределенности, что же проектировщики считали нормой.

Тем более, что пределы измерения СИ в рабочей документации были завышены.

Например, для контроля полного давления воздуха на выходе вентиляторов системы TL22 (оперативное обозначение TL22P10B1-TL22P15B1) установлены преобразователи давления Сапфир-22ДД с пределом измерения от 0 кгс/м^2 до 1000 кгс/м^2, вероятнее всего, из-за значения полного давления воздуха вентиляторов данной системы 600 кгс/м^2.

В итоге при ПНР после измерения давления воздуха в воздуховодах рядом с врезками импульсных трубок были настроены АДП на значения данного параметра:

– для ввода АВР – более 40 кгс/м^2;

– для срабатывания АВР – менее 30 кгс/м^2.

В дальнейшем были оформлены технические решения, в которых были указаны числовые значения уставок.

4.9.4 Автоматическое регулирование температуры приточного воздуха

Рабочей документацией для автоматического поддержания температуры приточного воздуха предусмотрены следующие технические средства:

– электроконтактные термометры, установленные в воздухозаборных камерах

– термометры сопротивления, установленные в приточных воздуховодах;

– автоматические регуляторы Р27.2;

– регулирующие клапаны с электроприводом на обратных трубопроводах сетевой воды.

Был принят следующий алгоритм автоматического поддержания температуры приточного воздуха:

– при температуре наружного воздуха менее 15 °С вводится в работу регулятор температуры приточного воздуха;

– автоматический регулятор управляет электроприводом регулирующего клапана, изменяя положение его плунжера, чем поддерживает заданную температуру приточного воздуха.

Но специалисты НМУ ЭЮМ не смогли обеспечить совместную работу указанных технических средств, плунжеры регулирующих клапанов перемещались из полностью открытого положения в полностью закрытое положение, а занять промежуточное положение никак не могли.

Специалисты НМУ ЭЮМ объяснили причину неработоспособности данной системы автоматического регулирования неправильно подобранными регулирующими клапанами.

В спецификациях оборудования блоков № 1-4 не были указаны ни коэффициенты пропускной способности регулирующих клапанов, ни их характеристика (равнопроцентная или логарифмическая). В спецификациях блоков № 5, 6 для части регулирующих клапанов указано «… с равнопроцентной характеристикой с 60% коэффициента пропускной способности».

Фактически на Запорожскую АЭС поставлены регулирующие клапаны 25ч940нж (ЕСПА 02 РГ) с исполнительными механизмами БУЕ.

Значения расчетного расхода сетевой воды через воздухонагреватели приточных систем вентиляции и характеристики регулирующих клапанов 25ч940нж (ЕСПА 02 РГ) приведены в таблице 4.40.

Таблица 4.40

Обозначение систем вентиляции	Расчетный расход сетевой воды, $м^3/ч$	Условный проход регулирующего клапана, мм	Коэффициент пропускной способности регулирующего клапана, $м^3/ч$*
TL41D01	16,5	50	16; 25; 40
TL41D02, D03	34,5	50	16; 25; 40
TL43	8,5	40	10; 16; 25
TL45	9,5	40	10; 16; 25
TL46	1,6	25	4; 6,3; 10
UV03	2,5	25	4; 6,3; 10
UV41, UV43, UV47D01, D02	2,7	25	4; 6,3; 10
UV42	2,3	25	4; 6,3; 10
UV44, UV45, UV46; UV47D03, D04; UV53	1,9	25	4; 6,3; 10
UV48	24,0	50	16; 25; 40
UV54	0,7	25	4; 6,3; 10
UV56	2,2	25	4; 6,3; 10
Примечание. * – по паспортам регулирующих клапанов и справочной литературе.			

Причину неработоспособности данной системы автоматического регулирования вряд ли сейчас удастся выяснить, т.к. автоматические регуляторы Р27.2 утилизированы, информации о коэффициентах пропускной способности регулирующих клапанов и их характеристике найти невозможно, часть электроприводов регулирующих клапанов демонтирована.

Техническим решением регулирующие клапаны на сетевой воде переведены на дистанционное управление с МЩУ. По мере выработки ресурса автоматических самопишущих мостов и регуляторов они были демонтированы, и регулирование температуры приточного воздуха полностью переведено на ручное управление.

В трубопроводы перед регулирующими клапанами и байпасами регулирующих клапанов врезаны диафрагмы с различными диаметрами отверстий, чтобы при остановленном и включенном вентиляторе обеспечивалось различное значение расхода сетевой воды через воздухонагреватели:

- при включенном вентиляторе – проектное значение;
- при остановленном вентиляторе – минимальное значение.

Фрагмент принципиальной схемы теплоснабжения приточной системы вентиляции UV03 в качестве примера приведен на рис. 4.56.

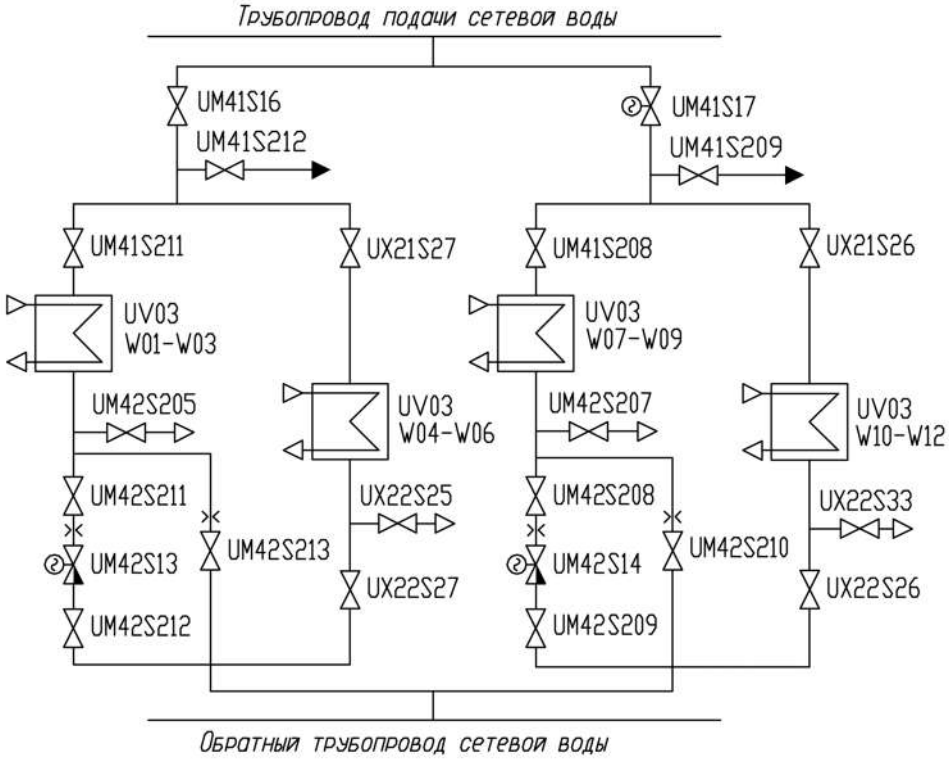


Рисунок 4.56 – Фрагмент принципиальной схемы теплоснабжения системы UV03

В эксплуатационной документации положение арматуры при различных режимах работы приточной системы вентиляции UV03 в качестве примера приведено в таблице 4.41.

Таблица 4.41

Вентилятор	Теплый период года, ПЭМ UX21H01 в работе, вентилятор в работе		Холодный период года			
			Вентилятор в работе		Вентилятор в резерве	
	Открыта	Закрыта	Открыта	Закрыта	Открыта	Закрыта
UV03D01	UM41S16, UM41S211, UM42S211, UM42S212, UX21S27, UX22S27	UM42S213	UM41S16, UM41S211, UM42S13, UM42S211, UM42S212	UM42S213, UX21S27, UX22S27	UM41S16, UM41S211, UM42S213	UM42S211, UM42S212, UX21S27, UX22S27
UV03D02	UM41S17, UM41S208, UM42S208, UM42S209, UX21S26, UX22S26	UM42S210	UM41S17, UM41S208, UM42S208, UM42S209	UM42S210, UX21S26, UX22S26	UM41S17, UM41S208, UM42S210	UM42S208, UM42S209, UX21S26, UX22S26

При ручном переключении арматуры на трубопроводах теплоснабжения АВР приточных вентиляторов невозможен из-за опасности замораживания воды в воздухонагревателях.

В настоящее время серийно выпускаются регулирующие клапаны с коэффициентом пропускной способности от 0,25 м^3/ч до 90 м^3/ч и автоматические регуляторы, но Запорожской АЭС не по силам выполнить модернизацию систем автоматического регулирования температуры приточного воздуха.

4.9.5 Установка термопреобразователей сопротивления для измерения температуры приточного воздуха

Согласно рабочей документации, термопреобразователи сопротивления для измерения температуры приточного воздуха должны устанавливаться в бобышках, располагаемых на воздуховодах после вентиляторов.

Однако при монтаже часть бобышек для установки термопреобразователей сопротивления была врезана в присоединительные секции приточных камер на расстоянии (200-250) мм от воздухонагревателей.

Рассмотрим, по какой причине такое размещение термопреобразователей сопротивления недопустимо.

Для примера рассмотрим приточную систему вентиляции UV56D01, D02 с техническими характеристиками воздухонагревательной секции:

- проектный расход воздуха – 9000 м^3/ч;
- марка воздухонагревателей – КсК3-10-01;
- количество воздухонагревателей – 2;
- снижение коэффициента теплопередачи по отношению к паспортному значению – 15%;
- расчетная температура наружного воздуха – минус 21 °С;
- расчетная температура приточного воздуха – 16 °С;
- расчетная температура сетевой воды – 130 / 53 °С;
- расчетная теплопроизводительность – 130 кВт.

Размеры двух воздухонагревателей по фронту – (1163х1006) мм, т.е. размер одного хода – (1163х83) мм.

Схема подключения воздухонагревателей стандартная, см. рис. 4.57.

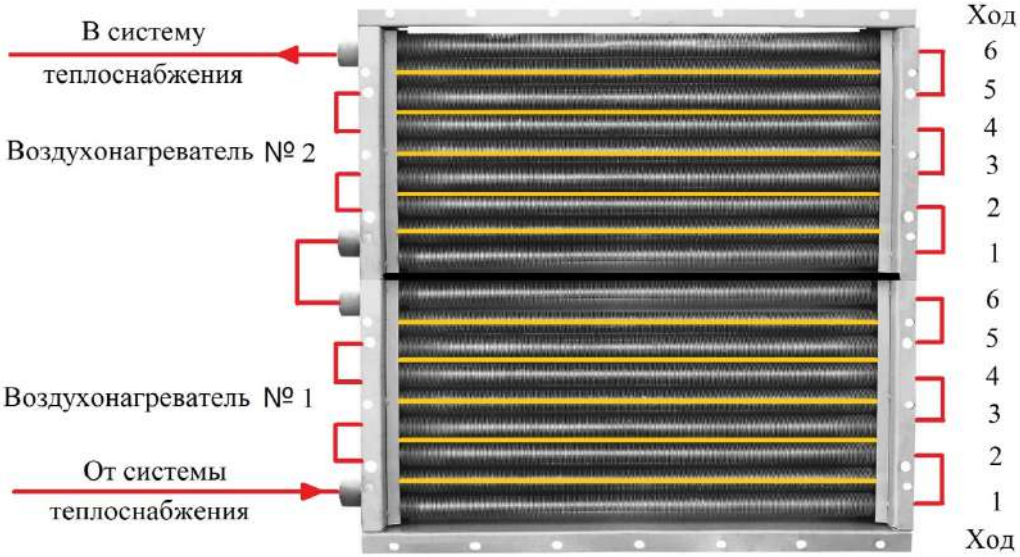


Рисунок 4.57 – Схема подключения воздухонагревателей

Так как воздухонагреватели КсК3-10-01 имеют 6 ходов, определяем параметры воздуха и сетевой воды для каждого хода отдельно, расчет сводим в таблицу 4.42.

Таблица 4.42

Наименование параметра и единица измерения	Воздухонагреватель № 1, ход номер					
	1	2	3	4	5	6
Расход воздуха, м^3/ч	750					
Расход сетевой воды, м^3/ч	1,45					

Наименование параметра и единица измерения	Воздухонагреватель № 1, ход номер					
	1	2	3	4	5	6
Температура сетевой воды на входе, °С	130	121,3	113,1	105,3	98,0	91,2
Температура сетевой воды на выходе, °С	121,3	113,1	105,3	98,0	91,2	84,7
Температура воздуха на входе, °С	минус 21					
Температура воздуха на выходе, °С	29,3	26,4	23,6	21,1	18,6	16,3
Теплопроизводительность, кВт	14,7	13,9	13,1	12,3	11,6	10,9

Наименование параметра и единица измерения	Воздухонагреватель № 2, ход номер					
	1	2	3	4	5	6
Расход воздуха, $м^3/ч$	750					
Расход сетевой воды, $м^3/ч$	1,45					
Температура сетевой воды на входе, °С	84,7	78,6	72,8	67,4	62,3	57,5
Температура сетевой воды на выходе, °С	78,6	72,8	67,4	62,3	57,5	53,0
Температура воздуха на входе, °С	минус 21					
Температура воздуха на выходе, °С	14,2	12,1	10,2	8,4	6,7	5,1
Теплопроизводительность, кВт	10,3	9,7	9,2	8,6	8,1	7,7

В присоединительной секции приточной камеры и в корпусе вентилятора воздух с различной температурой смешивается, при этом температура воздуха на выходе вентилятора становится равной 16 °С.

Из таблицы 4.42 видно, что при установке термопреобразователя сопротивления на присоединительной секции сверху и длине чувствительного элемента (200-300) мм он будет воспринимать среднюю температуру воздуха на выходе из ходов 3-6 воздухонагревателя № 2, а именно, 7,6 °С.

Таким образом, неправильная установка термопреобразователя сопротивления приведет к выдаче недостоверных показаний в схему автоматики приточной системы вентиляции.

4.9.6 Примеры получения недостоверных показаний СИ

В приведенных ниже примерах показано, что СИ для измерения температуры воздуха, находящиеся в исправном состоянии, и входящие в метрологически поверенные каналы измерений, могут давать недостоверные показания.

Например, один из термопреобразователей сопротивления в боксе ПГ постоянно выдавал значения температуры воздуха на (10-15) °С более, чем значения, выдаваемые другим СИ в том же боксе ПГ. Изменение режима работы систем охлаждения, проверка СИ и измерительных каналов результата не дали.

Измерение температуры воздуха в боксе ПГ переносным СИ показало, что на термопреобразователь сопротивления находился в зоне действия конвективных потоков от рядом расположенного трубопровода II контура. После переноса термопреобразователя сопротивления на 2 м от места первоначального расположения дефект далее не наблюдался.

После окончания ППР и разогрева I контура все термопреобразователи сопротивления YC71T01-T03 стали выдавать значения температуры воздуха на выходе из ВБ более ВРГ. Осмотром по месту было обнаружено, что указанные термопреобразователи сопротивления после поверки установлены не на своих штатных местах, при этом фактически воспринимали температуру стенок ВБ.

После установки термопреобразователей сопротивления на штатные места дефект далее не наблюдался.

После окончания ППР и выхода блока на мощность несколько термопреобразователей сопротивления, предназначенных для измерения температуры воздуха на выходе из охлаждаемых проходок главных паропроводов, стали выдавать значения температуры воздуха более ВРГ. Осмотром по месту было обнаружено, что ранее установленные термопреобразователи сопротивления в ППР заменены на СИ большей монтажной длины, их чувствительные элементы контактировали с патрубками проходок, имеющими температуру поверхности более 100 °С.

После установки термопреобразователей сопротивления проектной монтажной длины дефект далее не наблюдался.

4.9.7 Контроль перепада давления воздуха на фильтрах аэрозольных и адсорберах угольных

Для контроля перепада давления воздуха на фильтрах аэрозольных и адсорберах угольных рабочей документацией предусмотрена установка ТСА: датчиков-реле перепада напора марки ДПН и дифференциальных манометров сигнализирующих марки ДСП. При достижении ВРГ перепада давления воздуха на фильтрах на МЩУ должно сработать соответствующее указательное реле.

Опыт эксплуатации Запорожской АЭС показал, что увеличение до ВРГ и более перепада давления воздуха на фильтрах аэрозольных по причине накопления пыли на них и/или на адсорберах угольных при истирании активированного угля в них происходит, а вот срабатывание ТСА – не происходит.

Выполним анализ режимов работы вытяжной системы вентиляции TL23 при следующих исходных данных:

- проектный расход воздуха L=19 750 м^3/ч;
- ВРГ перепада давления воздуха на фильтрах аэрозольных 1000 Па;
- ВРГ перепада давления воздуха на адсорберах угольных 3000 Па;
- суммарный перепад давления воздуха на воздуховодах и клапанах герметичных вентиляционных при проектном расходе воздуха $\Delta P_{пр}^{с}$=2100 Па;
- постоянное давление воздуха в напорном коллекторе $P_к$=700 Па;
- вентиляторы дутьевые ВДН-11,2 с электродвигателями N=45 кВт; n=1450 об/мин, аэродинамическая характеристика вентилятора приведена на рис. 4.58.

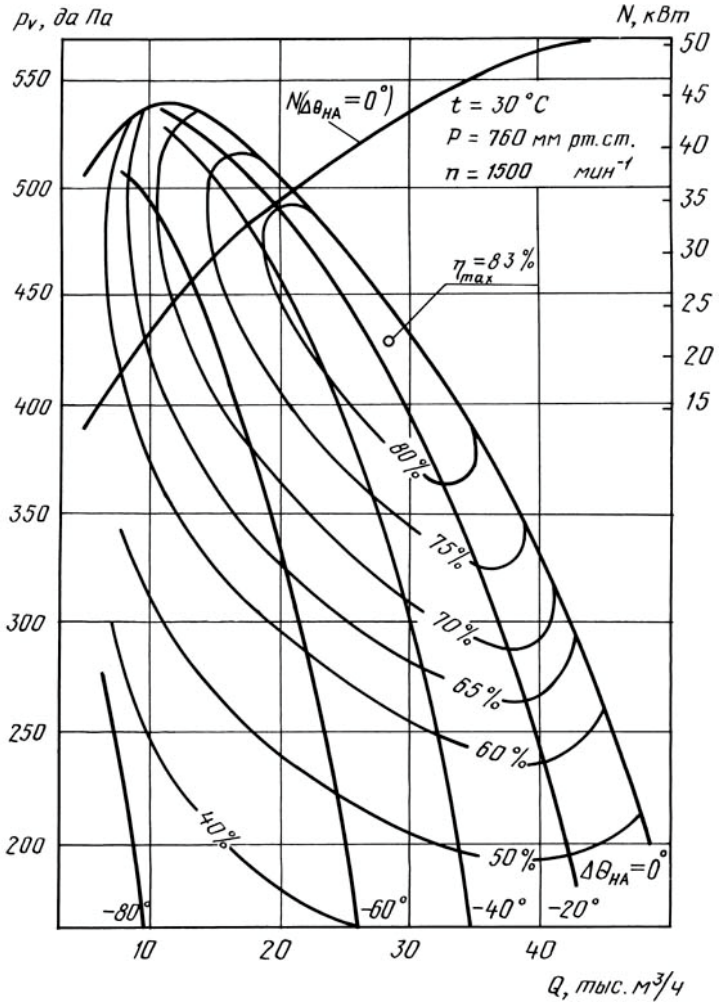


Рисунок 4.58 – Аэродинамическая характеристика вентилятора ВДН-11,2

Аэродинамическая характеристика вентилятора в интервале расхода воздуха от 10 000 м^3/ч до 27 600 м^3/ч при Θ=0° оцифрована, полное давление вентилятора определяется по формуле:

$$P = -2 \times 10^{-6} \times L^2 + 0{,}0293 \times L + 5242{,}9, \text{ Па} \quad (4.4)$$

где L – объемный расход воздуха вентилятора, м^3/ч

По мере накопления пыли на фильтрах аэрозольных и истирания активированного угля в адсорберах угольных рабочая точка вентилятора перемещается по кривой Θ=0°, расчетное полное давление вентилятора определяется по формуле:

$$P_ф^n = \Delta P_{пр}^c \times \left(\frac{L_{пр}}{L_ф}\right)^2 + \Delta P^{аэр} + \Delta P^{адс} + P_к, \text{ Па} \quad (4.5)$$

где $\Delta P_{пр}^c$ – суммарные потери давления воздуха на воздуховодах и клапанах герметичных вентиляционных при проектном расходе воздуха, Па;

$L_{пр}$ – проектный объемный расход воздуха системы, м^3/ч;

$L_ф$ – расчетный объемный расход воздуха системы, м^3/ч;

$\Delta P^{аэр}$ – перепад давления воздуха на фильтрах аэрозольных, Па;

$\Delta P^{адс}$ – перепад давления воздуха на адсорберах угольных, Па.

Перепад давления воздуха на фильтрах аэрозольных определяется по формуле:

$$\Delta P^{аер} = \Delta P^{аэр}_{пасп} \times K_{аэр} \times \left(\frac{L^{аэр}_{пасп} \times n_{аэр}}{L_ф}\right)^{b_{аэр}}, \text{ Па} \quad (4.6)$$

где $\Delta P^{аэр}_{пасп}$ – перепад давления воздуха на фильтре аэрозольном при паспортном объемном расходе воздуха, Па;

$L^{аэр}_{пасп}$ – паспортный объемный расход воздуха фильтра аэрозольного, м^3/ч;

$n_{аэр}$ – количество фильтров аэрозольных в системе;

$b_{аэр}$ – эмпирический показатель степени для фильтра аэрозольного;

$K_{аэр}$ – коэффициент увеличения перепада давления воздуха на аэрозольных фильтрах.

Перепад давления воздуха на адсорберах угольных определяется по формуле:

$$\Delta P^{адс} = \Delta P^{адс}_{пасп} \times K_{адс} \times \left(\frac{L^{адс}_{пасп} \times n_{адс}}{L_ф}\right)^{b_{адс}}, \text{ Па} \quad (4.7)$$

где $\Delta P^{адс}_{пасп}$ – перепад давления воздуха на адсорбере угольном при паспортном объемном расходе воздуха, Па;

$L^{адс}_{пасп}$ – паспортный объемный расход воздуха адсорбера угольного, м^3/ч;

$n_{адс}$ – количество адсорберов угольных в системе;

$b_{адс}$ – эмпирический показатель степени для адсорбера угольного;

$K_{адс}$ – коэффициент увеличения перепада давления воздуха на адсорберах угольных.

Характеристика элементов сети системы TL23 приведена в таблице 4.43.

Таблица 4.43

Элемент системы	Кол-во	Паспортный объемный расход воздуха, м^{3}ч	Начальный перепад давления воздуха, Па	Показатель степени и формула
Фильтр аэрозольный	8	3400	400	1,03 в формуле (4.6)
Адсорбер угольный	14	1500	2400	1,6 в формуле (4.7)

Средний срок службы аэрозольных фильтров составляет 2 года, йодных фильтров – 10 лет. Считаем, что за указанный срок службы коэффициент $К_{аэр}$ равномерно увеличивается до 4, коэффициент $K_{адс}$ равномерно увеличивается до 2.

Выполним расчет параметров системы вентиляции TL23 в течение 10 лет методом подбора значения объемного расхода воздуха вентилятора, при котором значения полного давления воздуха по формулам (4.4) и (4.5) совпадают. Принимаем, что каждые 2 года производится замена аэрозольных фильтров.

Результаты расчета параметров системы вентиляции TL23 приведены в таблице 4.44, параметры до замены и после замены аэрозольных фильтров разделены красными линиями.

Таблица 4.44

Время, мес.	Расчетные параметры вентилятора		Принятые коэффициенты		Расчетный перепад давления воздуха, Па	
	расход воздуха, м^3/ч	полное давление, Па	$K_{аэр}$	$K_{адс}$	на фильтрах аэрозольных	на адсорберах угольных
0	19 820	5040	1,00	1,00	280	2180
6	19 080	5080	1,75	1,05	480	2160
12	18 390	5110	2,50	1,10	660	2130
18	17 740	5140	3,25	1,15	830	2100
24	17 120	5160	4,00	1,20	990	2070
24	18 860	5090	1,00	1,20	270	2420
30	18 190	5120	1,75	1,25	460	2380
36	17 560	5150	2,50	1,30	630	2340
42	16 960	5170	3,25	1,35	790	2300
48	16 400	5190	4,00	1,40	940	2260
48	18 000	5130	1,00	1,40	260	2620
54	17 390	5150	1,75	1,45	440	2570
60	16 810	5180	2,50	1,50	600	2520
66	16 270	5200	3,25	1,55	760	2470
72	15 750	5210	4,00	1,60	910	2420
72	17 230	5160	1,00	1,60	240	2790
78	16 670	5180	1,75	1,65	430	2730
84	16 140	5200	2,50	1,70	580	2670
90	15 640	5220	3,25	1,75	730	2610
96	15 160	5230	4,00	1,80	870	2560
96	16 530	5190	1,00	1,80	230	2940
102	16 020	5200	1,75	1,85	400	2870
108	15 530	5220	2,50	1,90	560	2810
114	15 060	5240	3,25	1,95	700	2740
120	14 620	5250	4,00	2,00	840	2680

График изменения перепада давления воздуха на фильтрах аэрозольных и адсорберах угольных приведен на рис. 4.59, условные цвета на нем приняты:

- перепад давления воздуха на фильтрах аэрозольных – голубой;
- перепад давления воздуха на адсорберах угольных – фиолетовый;
- ВРГ перепада давления воздуха – красный;
- расход воздуха системы TL23 – синий;
- проектный расход воздуха системы TL23 – зеленый;
- минимальное значение расхода воздуха системы TL23 – красный.

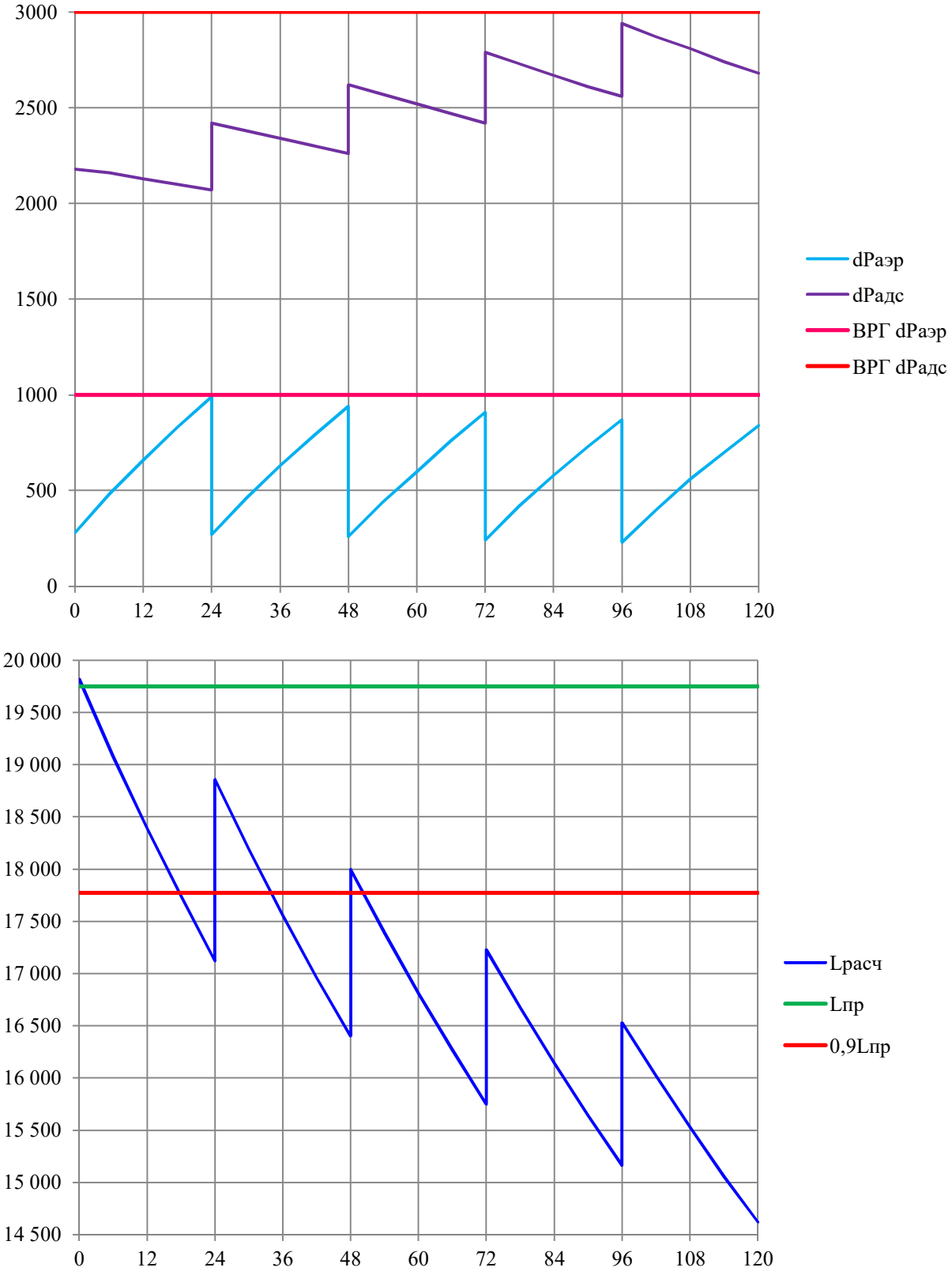


Рисунок 4.59 – График изменения перепада давления воздуха на фильтрах аэрозольных и адсорберах угольных

Из таблицы 4.44 и рис. 4.59 видно, что на фильтрах аэрозольных и адсорберах угольных не появились значения перепада давления воздуха, превышающие ВРГ.

Причина состоит в том, что при накоплении пыли на фильтрах аэрозольных и истирания активированного угля в адсорберах угольных аэродинамическая характеристика сети изменяется, объемный расход воздуха вентилятора уменьшается, при этом перепад давления воздуха на фильтрах аэрозольных и адсорберах угольных, т.е. на соответствующих ТСА, увеличивается в меньшей степени или практически стабилизируется.

Таким образом, показано, что ТСА для контроля перепада давления воздуха на фильтрах аэрозольных и адсорберах угольных являются лишними.

Точную информацию о техническом состоянии фильтров аэрозольных и адсорберов угольных на Запорожской АЭС можно получить только при измерении параметров систем вентиляции переносными СИ (см. 10.3.4 настоящего пособия).

4.9.8 Автоматическое поддержание разрежения в гермооболочке

По первоначальной рабочей документации, для автоматического поддержания нормируемого разрежения в гермооболочке установлены СИ для измерения давления воздуха с оперативным обозначением TQ10P16B1, TQ20P16B1, TQ30P16B1.

Указанные СИ входят в состав различных каналов СБ.

Проектные алгоритмы данной системы были предусмотрены следующие:

– при значении разрежения в гермооболочке менее 10 кгс/м^2 (100 Па) локализующая арматура TL42S01-S03 должна одновременно закрыться;

– при значении разрежения в гермооболочке более 30 кгс/м^2 (300 Па) локализующая арматура TL42S01-S03 должна одновременно закрыться.

Так как в качестве СИ были применены преобразователи давления Сапфир-22ДД с пределом измерения от минус 1 кгс/см^2 до 5,3 кгс/см^2 и пределом допускаемой основной погрешности 0,5%, то погрешность измерения давления воздуха в гермооболочке не могла быть ниже ±3,15 кПа.

По этой причине проектные алгоритмы оказались неработоспособными, локализующая арматура TL42S01-S03 непредсказуемо открывалась и закрывалась.

Рядом технических решений сначала были выведены из работы СИ TQ10P16B1 и TQ30P16B1, затем вся система автоматического поддержания разрежения в гермооболочке.

В настоящее время по техническим решениям для измерения разрежения в гермооболочке установлены датчики давления с пределом измерения от минус 40 кгс/м^2 до 0 кгс/м^2, значения выводятся на РМО (см. таблицу 4.33).

А регулирование разрежения в гермооболочке производится оперативным персоналом ЭП вручную, изменяя положение тарели клапана локализующего TL42S02, а при загрязнении фильтров аэрозольных системы TL42 – изменяя положение тарели клапана локализующего TL22S08.

4.9.9 Разделение СИ по каналам СБ

В [9] указано, что управляющие системы безопасности должны удовлетворять требованиям принципа независимости: применения функционального и (или) физического разделения каналов (элементов), при котором отказ одного канала (элемента) не приводит к отказу другого канала (элемента).

Рассмотрим, какие технические решения приняты АТЭП для выполнения этого требования на примере одной подсистемы охлаждения проходок UV40D01-D03, принципиальная схема которой показана на рис. 3.5.

Вентиляторы UV40D01-D03 подключены к общему коллектору, неработающие вентиляторы отсекаются обратными клапанами. На выходе каждого вентилятора установлено по три датчика давления «Сапфир», назначение их на примере вентилятора UV40D01 (входит в состав I канала СБ):

– UV40P01B1 предназначен для вывода показаний в УВС;

– UV40P07B1 предназначен для ввода АВР и включения по АВР вентилятора UV40D02 (обе единицы входят в состав II канала СБ);

– UV40P08B1 предназначен для АВР и включения по АВР вентилятора UV40D03 (обе единицы входят в состав III канала СБ).

Блокировки системы охлаждения UV40 описаны в 4.9.2.2 настоящего пособия.

Таким образом, оборудование различных каналов СБ подсистемы UV40D01-D03 разделено физически (импульсные трубки между воздуховодами и датчиками давления являются пассивным элементом).

4.9.10 Радиационный контроль на системах вентиляции и вентиляционных трубах

Согласно [177], на Запорожской АЭС объемная активность газоаэрозольного выброса в венттрубы производится периодически пробоотборным лабораторным методом.

В [178] указано, что пороги срабатывания световой и звуковой сигнализации радиационного контроля установлены с учетом:

– пределов нормальной эксплуатации (контрольных уровней) и аварийных пределов;

– значений естественного фона в местах установки блоков детектирования;

– с учетом опыта эксплуатации для значений технологического контроля;

– надежно обеспечивающих величин блоками детектирования, описанных в технических условиях эксплуатации блоков детектирования.

Выписка из [178] приведена в таблице 4.45.

Таблица 4.45

Марка СИ	Наименование измеряемого радиационного параметра	Диапазон измерений, Бк/м^3	ВРГ, Бк/м^3	ВАГ, Бк/м^3
БДАБ-05М	ОА аэрозолей в TL21	от 3,7 до $3{,}7\cdot10^4$	7	230
БДАБ-06М2	ОА йода в TL21	от $1{,}48\cdot10^1$ до $3{,}7\cdot10^4$	500	2950
БДАБ-05	ОА аэрозолей в TL22	от 3,7 до $3{,}7\cdot10^4$	44,4	3330
БДАБ-06М2	ОА йода в TL22	от $1{,}48\cdot10^1$ до $3{,}7\cdot10^4$	500	$3{,}7\text{x}10^4$
БДАБ-05	ОА аэрозолей в помещении АВ908	от $1{,}48\cdot10^1$ до $3{,}7\cdot10^4$	44,4	185,0
БДАБ-05	ОА аэрозолей в помещении АВ908	от $1{,}48\cdot10^1$ до $3{,}7\cdot10^4$	44,4	185,0
УДА-1АБ	ОА аэрозолей в ВТ-1	от $1{,}0\cdot10^{-1}$ до $1{,}0\cdot10^6$	2,45	230
УДИ-1Б	ОА паров йода в ВТ-1	от 3,7 до $3{,}7\cdot10^5$	74,07	2950
УДА-1АБ	ОА аэрозолей в ВТ-2	от $1{,}0\cdot10^{-1}$ до $1{,}0\cdot10^6$	2,45	230
УДИ-1Б	ОА паров йода в ВТ-2	от 3,7 до $3{,}7\cdot10^5$	74,07	2950

Кроме этого, в ППР блока выполняется контроль выбросов в венттрубы путем измерения один раз в сутки:

– объемной активности радионуклидов йода (с помощью фильтров АФА-РМП-20+АФАС-И-20);

– объемной активности ДЖН (по аналитическим фильтрам типа АФА).

– с последующим проведением радиометрии и спектрометрии аналитических фильтров.

КУ выбросов в венттрубы на основании [179] приведены в таблице 4.46.

Таблица 4.46

Радионуклид (группа радионуклидов)	Единица измерения	КУ выброса
ДЖН	МБк/сутки	3,9
Радиойоды	МБк/сутки	25
^{60}Co	МБк/месяц	26
^{134}Cs	МБк/месяц	63
^{137}Cs	МБк/месяц	55

Для определения выбросов радионуклидов в венттрубы необходимо знать значения объемного расхода воздуха, выбрасываемого в атмосферу через венттрубу № 1 и № 2 отдельно. С этой целью на венттрубах были смонтированы расходомеры газа ультразвуковые АРГ-31.2.

В основу работы расходомера положен времяимпульсный метод измерения скорости потока газа, общий вид его показан на рис. 4.60.



Условные обозначения: 1 – преобразователи пьезоэлектрические; 2 – преобразователь измерительный.

Рисунок 4.60 – Расходомер газа ультразвуковой АРГ-31.2

Преобразователи пьезоэлектрические установлены:

– на вентиляционной трубе № 1 – на отм. 51,000;

– на вентиляционной трубе № 2 – на отм. 62,000.

Выполним расчет значений газоаэрозольных выбросов при следующих исходных данных:

– в режимах РУ «Работа на мощности», «Реактор на МКУ мощности», «Горячее состояние» работают все вытяжные системы вентиляции ЗКД и система поддержания разрежения в гермооболочке;

– в режимах РУ «Холодное состояние», «Останов для ремонта», «Перегрузка топлива» работают все вентиляторы вытяжной системы вентиляции гермооболочки TL21;

– ОА выбросов менее ВРГ, т.е. выдача сигнала о превышении пороговых уровней на устройства звуковой сигнализации не производится.

Результаты расчета приведены в таблице 4.47.

Таблица 4.47

Радионуклид (группа радионуклидов)	Венттруба	Расход воздуха, $м^3/ч$	ОА выброса, $Бк/м^3$	Значение выброса, МБк/сутки	КУ выброса, МБк/сутки
Режимы РУ «Работа на мощности», «Реактор на МКУ мощности», «Горячее состояние»					
ДЖН	1	89 200	2,4	5,1	3,9
Радиойоды			70	149,9	25
Режимы РУ «Холодное состояние», «Останов для ремонта», «Перегрузка топлива»					
ДЖН	2	272 500	2,4	15,7	3,9
Радиойоды			70	457,8	25

Из таблицы 4.47 видно, что через сутки работы систем вентиляции в таком режиме будет превышен КУ выбросов в венттрубу № 1 (№2). Но, как правило, превышение КУ выбросов в венттрубу обнаруживается после проведения радиометрических и спектрометрических измерений аналитических фильтров.

5 Режимы работы систем вентиляции и кондиционирования воздуха

5.1 Требования ТРБЭ

Контролируемые проектные параметры в гермооболочке приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1

Наименование параметра	Значение параметра	Ограничения при отклонении значения параметра
Температура среды в ГО	не более 90 °С	Перевести РУ в безопасное состояние
Разрежение среды в ГО	не менее 15 кгс/м^2 (15 мм. вод. ст.)	
Объемная удельная активность ИРГ в воздухе ГО ИЛИ Удельная активность йодов в воздухе ГО	не более $2{,}6\times10^{8}$ Бк/м^3 (7×10^{-6} Ки/дм^3) не более $1{,}29\times10^{5}$ Бк/м^3 ($3{,}5\times10^{-9}$ Ки/дм^3)	
Давление в ГО	не более 1,2 кгс/см^2 (абс.)	

При нарушении ПБЭ по активности газо-аэрозольного выброса радиоактивных веществ в атмосферу из венттруб блоков Запорожской АЭС, приведенного в таблице 5.1, реактор должен быть остановлен и РУ переведена в холодное состояние.

Таблица 5.2

№ п/п	Наименование	Активность в суточном выбросе
1	ИРГ	не более $6{,}9\times10^{13}$ Бк ($1{,}86\times10^{3}$ Ки)
2	Радионуклиды йода	не более $6{,}0\times10^{9}$ Бк (0,162 Ки)
3	ДЖН	не более $2{,}2\times10^{9}$ Бк ($5{,}94\times10^{-2}$ Ки)

Примечания

1 Под термином ИРГ для целей контроля понимается любая смесь радиоактивных изотопов аргона, криптона и ксенона.

2 Под сокращением ДЖН для целей контроля понимается любая смесь среднедолгоживущих радиоактивных аэрозолей, экспонированных на фильтре в течение одних суток и измеренных через одни сутки после снятия пробы.

Требования ТРБЭ к системам охлаждения TL01, TL04, TL10, UV05, UV40; системам вентиляции UV24-UV26; UV44-UV46; UV29-UV31; UV49-UV51; системам кондиционирования воздуха UV01, UV02, UV07, UV09 – при состоянии РУ: «Работа на мощности», «Реактор на МКУ мощности», «Горячее состояние», системы должны находиться в работоспособном состоянии.

УБЭ при отказе систем указаны в таблице 5.3.

Таблица 5.3

Неработоспособный элемент, нарушение в работе системы	Действия персонала	Допустимый уровень мощности / состояние РУ	Допустимое время неработоспособного состояния
Оборудование систем вентиляции помещений СБ более одного канала	Перевести РУ в регламентируемое состояние. Устранить неисправность	Холодное состояние	До устранения

Требования ТРБЭ к системе охлаждения TL03: при состоянии РУ: «Работа на мощности», «Реактор на МКУ мощности», «Горячее состояние» система должна находиться в работоспособном состоянии.

УБЭ при отказе системы TL03 указаны в таблице 5.4.

Таблица 5.4

Неработоспособный элемент, нарушение в работе системы	Действия персонала	Допустимый уровень мощности / состояние РУ	Допустимое время неработоспособного состояния
Неработоспособно два вентагрегата системы TL03 и значение температуры воздуха на выходе из коллектора охлаждения ВБ более 115 °С	Перевести РУ в регламентируемое состояние. Устранить неисправность	Холодное состояние	До устранения
Прекращение охлаждения приводов СУЗ (неработоспособно три вентагрегата системы TL03)	Устранить неисправность	Текущее состояние	0,5 часа
	Работоспособность не восстановлена за 0,5 часа		
	Остановить реактор ключом АЗ. Перевести РУ в регламентируемое состояние. Устранить неисправность	Холодное состояние	До устранения

Требования ТРБЭ к системе охлаждения TL05 – при состоянии РУ: «Работа на мощности», «Реактор на МКУ мощности», «Горячее состояние» система должна находиться в работоспособном состоянии.

УБЭ при отказе системы TL05 указаны в таблице 5.5.

Таблица 5.5

Неработоспособный элемент, нарушение в работе системы	Действия персонала	Допустимый уровень мощности / состояние РУ	Допустимое время неработоспособного состояния
Неработоспособно два вентагрегата системы TL05	Устранить неисправность	100% $N_{ном}$	2 часа[1]
	Работоспособность не восстановлена за 2 часа		
	Снизить уровень мощности до регламентируемого значения. Устранить неисправность	90% $N_{ном}$	5 часов[1]
	Работоспособность не восстановлена за 5 часов		
	Перевести РУ в регламентируемое состояние. Устранить неисправность	Холодное состояние	До устранения

[1] Перевести РУ в состояние «Холодное состояние» при достижении значения температуры:

- среды на входе в ВБ – 75 °С;
- среды около электрических соединений ТК и ЭВ ВРК – 105 °С (допускается кратковременное повышение температуры до значения 200 °С в течение не более 6 минут);
- бетона консоли – 80 °С;
- металла опорной фермы до 80 °С;
- бетона шахты реактора – 80 °С.

Требования ТРБЭ к изолирующим устройствам систем TL22, TL42: УБЭ при их отказе указаны в таблице 5.6.

Таблица 5.6

Неработоспособный элемент, нарушение в работе системы	Действия персонала	Допустимый уровень мощности / состояние РУ	Допустимое время неработоспособного состояния
Две арматуры на одном трубопроводе, пересекающем контур герметизации, в том числе: неработоспособность арматуры; неработоспособность электропривода; неработоспособность схемы управления	Устранить неисправность	100% $N_{ном}$	72 часа[1]
	Работоспособность не восстановлена за 72 часа		
	Перевести РУ в регламентированное состояние. Устранить неисправность	Холодное состояние	До устранения
Более одной арматуры из различных локализующих групп на двух трубопроводах, пересекающих контур герметизации	Перевести РУ в регламентированное состояние. Устранить неисправность	Холодное состояние	До устранения

[1] Если при ремонте не выполняется требование для локализующей группы «одна арматура исправна или одна закрыта и не изменит своего положения при ремонте» требование о переводе в холодный останов наступает сразу.

5.2 Нормальная эксплуатация блока

Режимы РУ при нормальной эксплуатации блока: «Работа на мощности», «Реактор на МКУ мощности», «Горячее состояние».

5.2.1 Режим работы рециркуляционных систем охлаждения гермооболочки и фундаментной части

Работают все рециркуляционные системы охлаждения гермооболочки и фундаментной части, кроме систем TL10, TL14, TL15 (только на блоке № 6). Система очистки воздуха TL02 и рециркуляционная система охлаждения TL15 (только на блоке № 6) включаются при необходимости.

В теплый период года на воздухоохладители систем TL01, TL04, TL05, TL06-TL09 подается рабочая вода от ПЭМ UX11H01.

5.2.2 Режим работы ремонтно-аварийных систем вентиляции

Ремонтные системы вентиляции TL21, TL41, TL48, TL49 в этом режиме отключены. Система воздухоснабжения пневмокостюмов TL47 вводится в работу по заявке ЭРП при необходимости работы ремонтного персонала в обстройке.

5.2.3 Режим работы систем вентиляции и кондиционирования воздуха

5.2.3.1 Работают постоянно системы вентиляции и кондиционирования воздуха:

- система централизованного кондиционирования воздуха БПУ, УВС UV06
- системы вытяжной вентиляции ЗКД TL23-TL30;
- системы приточной вентиляции ЗКД TL43, TL45, TL46;
- системы общеобменной вентиляции UV03, UV08, UV27, UV37, UV47;
- системы приточно-вытяжной вентиляции РУСН-6 кВ UV21, UV41; UV22, UV42; UV23, UV43;
- системы создания избыточного давления воздуха в тамбурах аккумуляторных и вытяжных венткамер помещений аккумуляторных UV32, UV36 (только на блоках № 3-6).

5.2.3.2 Работают периодически системы вентиляции:

– система охлаждения проходок TL50 вводится в работу при работе системы продувки парогенераторов;

– системы приточно-вытяжной вентиляции аккумуляторных UV24, UV44; UV25, UV45; UV26, UV46; UV33, UV53; UV34, UV54 вводятся в работу при зарядке соответствующих аккумуляторных батарей;

– системы приточно-вытяжной вентиляции кабельных этажей UV29, UV49; UV30, UV50; UV31, UV51; UV35, UV38 вводятся в работу при температуре воздуха в соответствующем кабельном этаже в пределах (35-40) °С;

– системы приточно-вытяжной вентиляции РУСН-0,4 кВ UV56, UV57 вводятся в работу при температуре воздуха в помещении в пределах (35-40) °С.

В холодный и переходные периоды года на воздухонагреватели приточных систем вентиляции подается сетевая вода из системы теплоснабжения UM41; в теплый период при работоспособности ПЭМ UX21H01 от нее подается рабочая вода на воздухонагреватели указанных систем.

5.2.3.3 Независимо от времени года работают автономные кондиционеры систем TL12, UV01, UV02, UV04, UV07, UV09, UV10, UV11.

Система кондиционирования воздуха UV11 (только на блоках № 5, 6) обслуживает только помещение АБП УВС, заслонки воздушные UV11S07, S08 должны быть закрыты.

5.2.4 Режим работы аварийных систем вентиляции

Аварийная приточная система БПУ UV55, системы приточной противодымной вентиляции TL44, UV58 и система удаления продуктов сгорания из помещений АСУТП UV64 (только на блоке № 6) находятся в состоянии готовности к работе.

5.3 Останов блока

Режимы РУ при останове блока: «Холодное состояние», «Останов для ремонта», «Перегрузка топлива».

Все рециркуляционные системы охлаждения гермооболочки и фундаментной части отключаются, создание нормируемых условий в оболочке для ремонтного персонала производится ремонтными системами вентиляции TL21, TL41.

В режимах РУ «Останов для ремонта», «Перегрузка топлива» верхний блок реактора с блоком защитных труб извлечены из реактора, шахта реактора, БВ и БМП заполнены водой. Над открытой водной поверхностью создаются воздушные завесы:

– над БВ – системой TL21D02 совместно с TL49D01;

– над БМП – системой TL21D03 совместно с TL49D02.

Система вентиляции TL21D01 при останове блока может работать в двух режимах:

– с очисткой удаляемого из гермооболочки воздуха на аэрозольных фильтрах и адсорберах угольных (см. рис. 5.1);

– без очистки удаляемого из гермооболочки воздуха (см. рис. 5.2).

Работающие вентиляторы, открытая арматура и используемые воздуховоды выделены синим цветом.

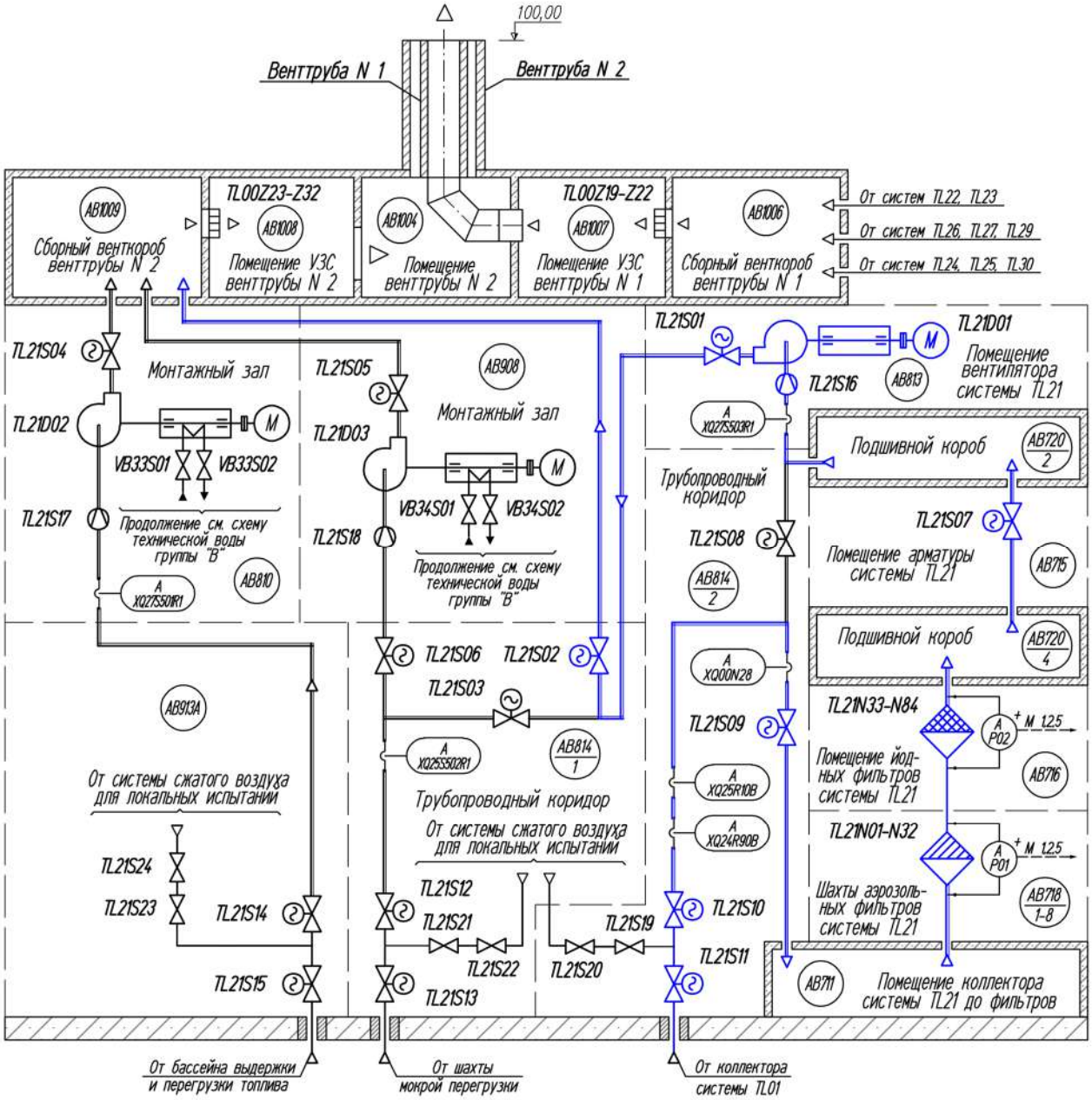
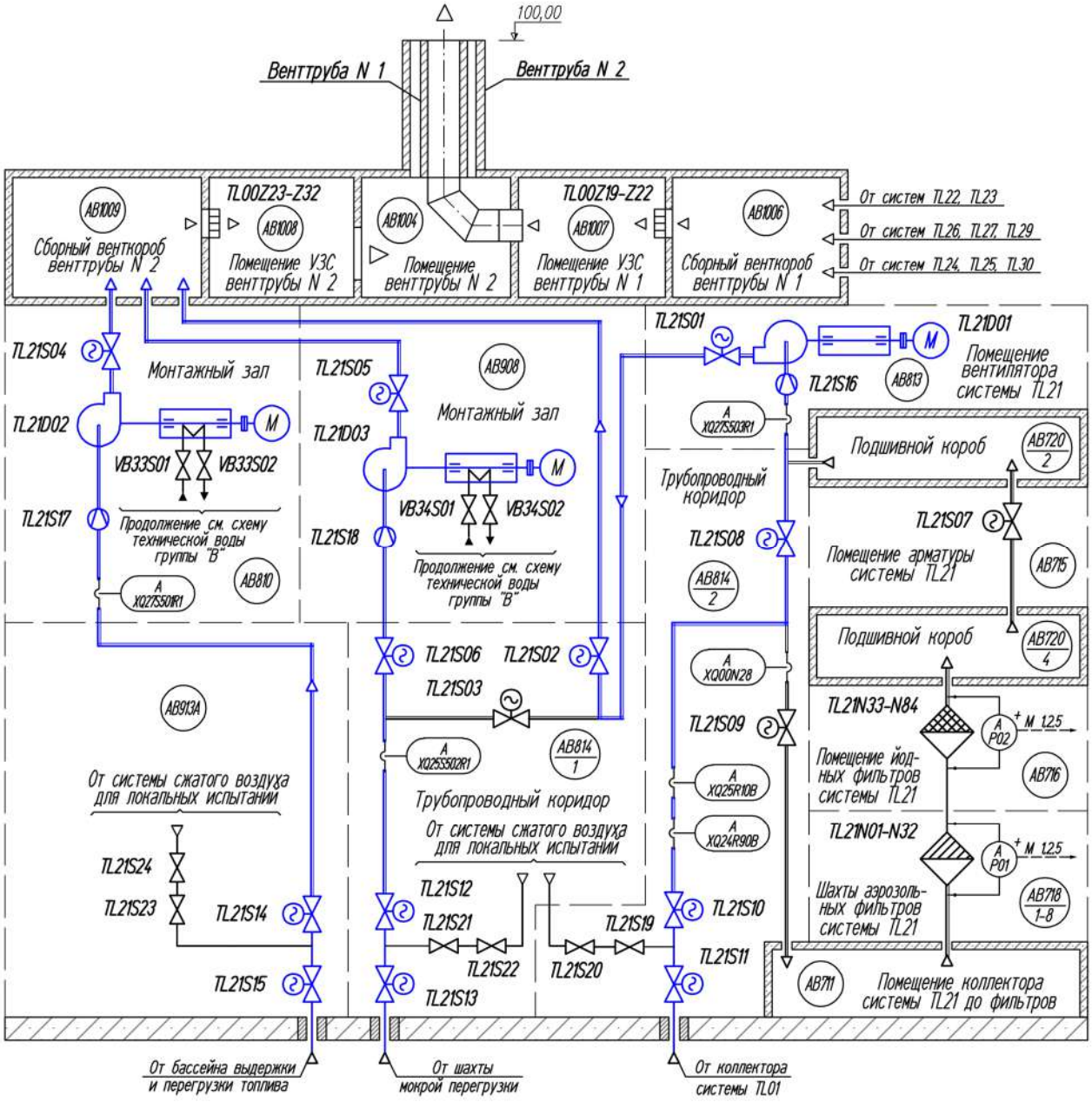


Рисунок 5.1 – Работа системы TL21D01 в режиме вентиляции с очисткой воздуха



Примечание – условно показаны работающие вентиляторы TL21D02, D03.

Рисунок 5.2 – Работа системы TL21D01 в режиме вентиляции без очистки воздуха

Режим работы указанной системы определяет НСЦ АЭС (ЦРБ).

Экспресс-опробование контура герметизации вакуумированием системами вытяжной вентиляции TL21D02, TL21D03 производится по отдельной программе.

Компенсация удаляемого из гермооболочки воздуха производится приточной системой вентиляции TL41.

Включение вентиляторов приточной системы TL41 возможно только при условии:

– TL41D01 – работы вентилятора TL21D01;
– TL41D02 – одновременной работы вентиляторов TL21D02 и TL21D03;
– TL41D03 – работы вентиляторов TL21D02 или TL21D03.

Системы воздухоснабжения пневмокостюмов TL47, TL48 вводятся в работу по заявке ЭРП при необходимости работы ремонтного персонала соответственно в фундаментной части и в гермооболочке.

Рециркуляционная система охлаждения TL14 должна вводиться в работу при наличии тепловыделений в транспортном коридоре, но в ППР блока не работает система техводоснабжения неответственных потребителей (см. 6.3 настоящего пособия).

На блоках № 1-4 открываются клапаны герметичные TL22S10, S11; TL42S05, S06; в работе должна находиться система поддержания разрежения в гермооболочке TL22.

На блоках № 5, 6 открываются клапаны герметичные TL45S05, S06; TL25S05, S06; в работе должна находиться система вентиляции TL25.

При отключении технологических систем отключаются системы охлаждения проходок UV40, TL50.

Для создания безопасной скорости движения воздуха в дверных проемах помещений ЗКД по согласованию с НСЦ АЭС (ЦРБ) должны вводиться в работу одновременно оба вентилятора систем TL23, TL43, удаляемый из помещений воздух не проходит очистку на аэрозольных и йодных фильтрах системы TL23. Но требования 10.34 [3] при этом не могут быть выполнены (см. 7.2.2 настоящего пособия).

Для обеспечения работы пультовой перегрузочной машины вводится в работу система кондиционирования воздуха TL16. Система кондиционирования воздуха UV11 (только на блоках № 5, 6) обслуживает помещения АБП УВС и пультовой полярного крана, заслонки воздушные UV11S07, S08 должны быть открыты.

В этом режиме остальные системы кондиционирования воздуха работают при подаче напряжения на стойки соответствующего оборудования и работе системы технического водоснабжения группы «А». Количество рабочих кондиционеров в зависимости от тепловой нагрузки и температуры технической воды группы «А» определяется оперативным персоналом и может быть менее проектного значения.

5.4 Нарушение нормальных условий эксплуатации

Режимы РУ при нарушении нормальных условий эксплуатации: «Работа на мощности», «Реактор на МКУ мощности», «Горячее состояние».

При обесточении блока и запуске ДГ работают подключенные к источникам надежного электроснабжения II категории:

– у гермооболочке – три вентилятора системы TL01, один вентилятор системы TL04, один вентилятор системы TL05;

– системы TL22, TL42 поддерживают разрежение под оболочкой;

– система охлаждения проходок UV40 поддерживает проектную температуру бетона;

– системы TL10, TL13 включаются по команде ступенчатого набора мощности ДГ и работают независимо от работы технологического оборудования;

– системы TL06, TL09, UV05 включаются по блокировке с технологическим оборудованием и поддерживают допустимые для работы оборудования температуры в соответствующих помещениях;

– системы TL07, TL08 включаются в зависимости от температуры воздуха в соответствующих помещениях;

– системы UV29, UV31 включаются в зависимости от температуры воздуха в соответствующих кабельных этажах;

– системы UV30, UV50 вводятся в работу вручную;

– системы UV01, UV02, UV07, UV09 вводятся в работу вручную.

Системы охлаждения приводов СУЗ TL03 и очистки воздуха под оболочкой TL02 в этом режиме не работают.

Подачу санитарной нормы наружного воздуха и создание избыточного давления воздуха в помещении БПУ производит аварийная приточная система UV55, подключенная к системе надежного электроснабжения.

ПЭМ UX11H01, UX21H01 в режиме обесточения не работают, остальные системы вентиляции и кондиционирования воздуха при этом отключены.

Если обесточение произошло во время ППР блока, ремонтные системы вентиляции TL21, TL41 отключаются. Вентиляторы систем TL47, TL48 находятся на надежном питании II категории, если хотя бы один из них до обесточения находился в работе, после запуска ДГ и осуществления ступенчатого подключения к ним механизмов систем безопасности автоматически включается вентилятор работавшей системы.

При расчетной экстремальной температуре воздуха в теплый период и расчетной максимальной температуре технической воды группы «А» до 33 °С (без наложения обесточения блока):

– на воздухоохладители рециркуляционных систем охлаждения гермооболочки и фундаментной части подается рабочая вода от ПЭМ UX11H01, температура воздуха в гермооболочке и помещениях фундаментной части не должна превысить предельно допустимые значения;

– система централизованного кондиционирования воздуха UV06 отключается, вводится в работу аварийная система вентиляции UV55;

– остальные системы вентиляции работают в проектном режиме;

– системы кондиционирования воздуха работают в проектном режиме.

При расчетной экстремальной температуре воздуха в теплый период и расчетной максимальной температуре технической воды группы «А» до 33 °С (с наложением обесточения блока):

– температура воздуха в гермооболочке может достигнуть 75 °С, в помещениях фундаментной части 50 °С, что допускается техническими требованиями к технологическому оборудованию;

– на воздухонагреватели приточных систем вентиляции прекращается подача рабочей воды от ПЭМ UX21H01 (если она работала). Температура воздуха, подаваемого в пневмокостюмы, может при этом превысить предельно допустимые значения, температура воздуха в гермооболочке не должна превысить допустимые значения;

– подачу санитарной нормы наружного воздуха и создание избыточного давления воздуха в помещении БПУ производит аварийная приточная система UV55, подключенная к системе надежного электроснабжения;

– системы кондиционирования воздуха UV01, UV02, UV04, UV07, UV09, UV10, UV11 (только на блоках № 5, 6) работают в проектном режиме;

– системы общеобменной вентиляции ЗСД при этом отключены.

При расчетной экстремальной температуре воздуха в холодный период года:

– приточные системы вентиляции обеспечивают температуру приточного воздуха не менее 5 °С, что допускается техническими требованиями к электротехническому оборудованию;

– система централизованного кондиционирования воздуха UV06 отключается, включается система UV55 с нагревом воздуха в воздухонагревателях с электрическим нагревом. При снижении температуры приточного воздуха системы UV55 менее проектного значения данная система может быть отключена по усмотрению ВИУБ;

– остальные системы вентиляции и кондиционирования воздуха работают в проектном режиме.

При наличии компенсируемых течей I или II контура и повышении давления в гермооболочке более 300 Па (30 кгс/м^2), изолирующие устройства систем TL22, TL42 по блокировке закрываются, рециркуляционные системы охлаждения гермооболочки продолжают работать в проектном режиме.

5.5 Возможные аварии

При «малой течи», т.е. разрыве трубопроводов I контура D_y менее 100 мм, паропровода или трубопровода питательной воды ПГ, паропровода острого пара изолирующие устройства систем TL22, TL42 по блокировке закрываются, система TL22 отключается. Рециркуляционные системы охлаждения гермооболочки продолжают работать в проектном режиме, при включении спринклерной установки или повышении давления под оболочкой более 0,03 МПа (0,3 кгс/см^2) они отключаются.

При «большой течи», т.е. разрыве трубопроводов I контура D_y более 100 мм, включая D_y 850 мм, изолирующие устройства систем TL22, TL42 по блокировке закрываются, система TL22 отключается, рециркуляционные системы охлаждения гермооболочки отключаются системными защитами.

При аварии с разуплотнением I контура включается оборудование системы САОЗ и установленные в этих помещениях соответствующие вентиляторы рециркуляционной системы охлаждения TL10. При отключении оборудования системы САОЗ агрегаты системы TL10 отключаются.

При пожаре в гермооболочке сигнализация о пожаре выводится на панели БПУ.

Примечание – Противопожарная автоматика не отключает рециркуляционные системы охлаждения гермооболочки.

При пожаре в помещениях фундаментной части на БПУ выводится сигнализация о пожаре. При наличии технических средств АПС отключает системы вентиляции и кондиционирования воздуха, обслуживающие данное помещение или подающие воздух на пути эвакуации.

С кнопок, установленных на каждой отметке лестничных клеток, с МЩУ или автоматически по сигналу от АПС включаются вентиляторы систем приточной противодымной вентиляции лестничных клеток UV58, TL44. Все действия по отключению рециркуляционных систем охлаждения фундаментной части и тушению пожара производит оперативный персонал ЭП.

Примечание – Противопожарная автоматика не отключает рециркуляционные системы охлаждения фундаментной части.

При МРЗ срабатывает АЗ реакторной установки, запускаются ДГ, системы вентиляции и кондиционирования воздуха работают согласно 5.4 настоящего пособия

При повышении мощности экспозиционной дозы на БПУ более установленного значения для помещений ЗСД со светозвуковым сигналом отключается система UV06, включается система UV55. При повышении МЭД на БПУ более аварийно-допустимого значения система UV55 отключается и оперативный персонал при необходимости переходит на индивидуально-изолированные системы воздухоснабжения.

При наличии технических средств АПС противопожарная автоматика отключает системы вентиляции и кондиционирования воздуха, обслуживающие данное помещение, или включает системы приточной противодымной вентиляции. При пожаре в других помещениях на БПУ выводится сигнал, оперативный персонал отключает соответствующую систему вентиляции.

С кнопок, установленных на каждой отметке лестничных клеток, с МЩУ или автоматически по сигналу пожарного извещателя включаются вентиляторы систем приточной противодымной вентиляции лестничных клеток UV58, TL44 и шахты грузового лифта TL44D09, D10 (только на блоках № 1, 5, 6).

При нажатии кнопок на этажных пультах управления на отм. 0,000; 13,200; 24,600; 41,400, установленных на лестничных клетках № 1, 2, по блокировкам включаются осевые вентиляторы для подачи воздуха в лестничные холлы.

При пожаре в помещениях категории «В», в том числе кабельных этажей, закрываются установленные на ограждающих конструкциях помещения противопожарные клапаны.

При радиационной аварии на АЭС, которая может привести к загрязнению радионуклидами воздушной среды в зоне воздухозаборных устройств приточных систем вентиляции радиационной аварии на ЗАЭС оперативный персонал отключает все приточные и вытяжные системы вентиляции, кроме вытяжных систем, обслуживающих помещения категории пожарной опасности «В». Для обеспечения вентиляции помещения БПУ вводится в работу аварийная приточная система UV55.

5.6 Работа систем вентиляции после ликвидации аварии

При необходимости очистки воздуха в гермооболочке после ликвидации аварии система TL21D01 может произвести ее в два этапа:

– на первом этапе система TL21D01 производит очистку воздуха от аэрозолей и йода; воздух забирается в боксах парогенераторов и сбрасывается над БМП (см. рис. 5.3);

– на втором этапе TL21D01, TL41D01 переключаются на режим работы по схеме приток-вытяжка с выбросом воздуха в венттрубу № 2 (см. рис. 5.1).

Значения объемной активности радионуклидов в воздухе гермооболочки по аэрозолям и йодам, при которых выполняются переключения на системе TL21D01, указаны в таблице 4.9 настоящего пособия.

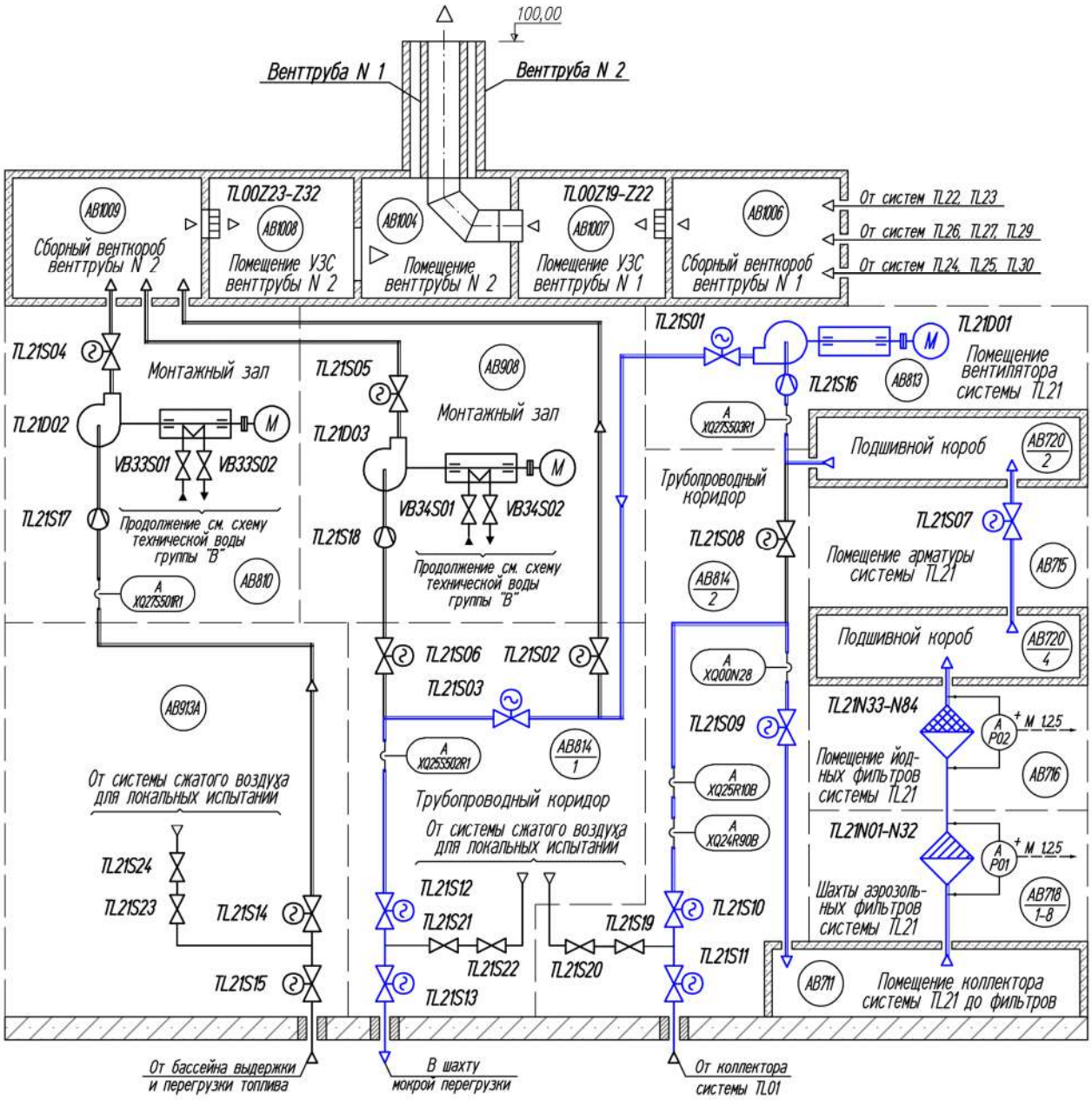
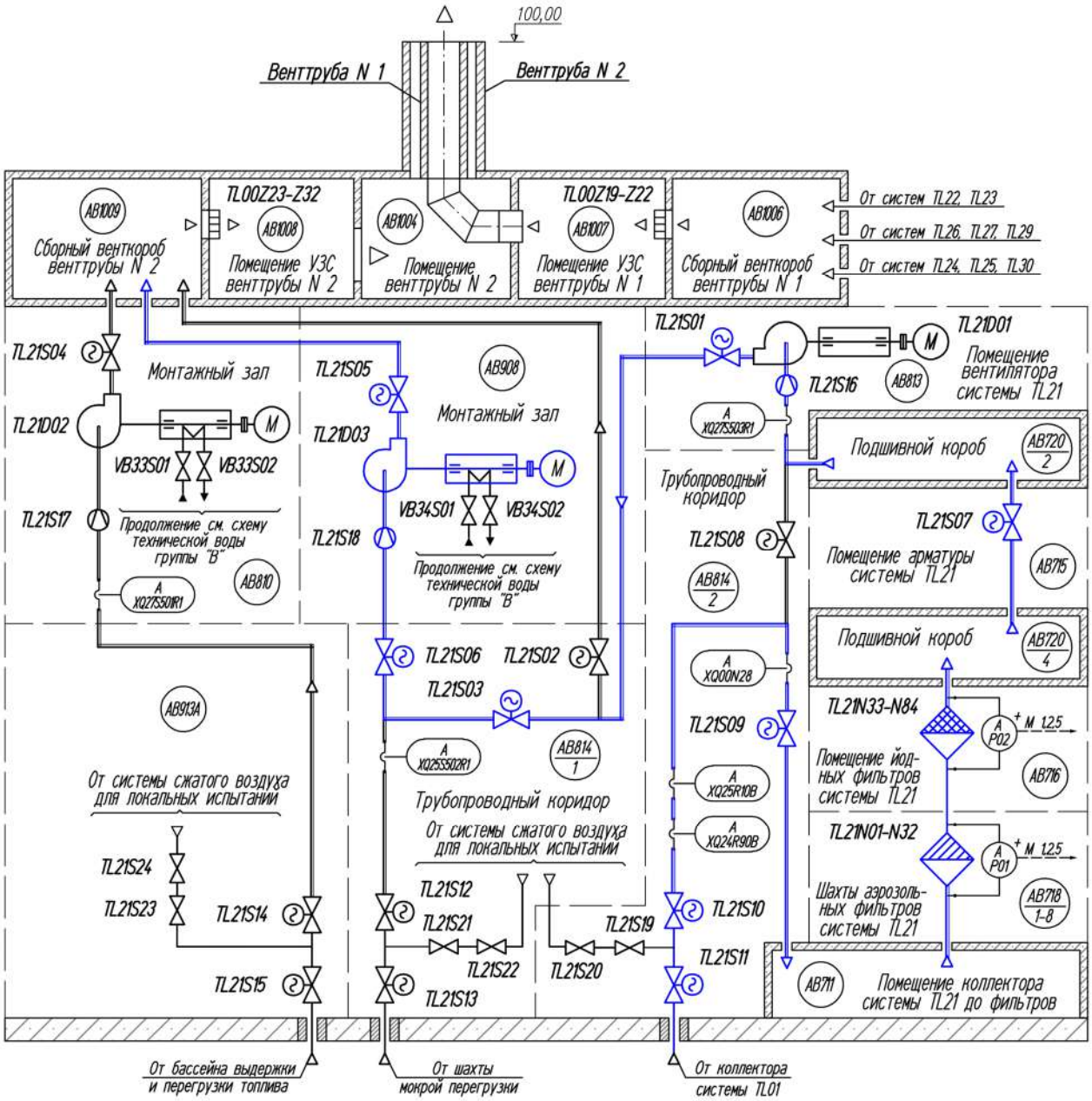


Рисунок 5.3 – Работа системы TL21D01 в режиме очистки воздуха

Следует отметить, что при работе системы TL21D01 в режиме очистки воздуха в гермооболочке может создаться избыточное давление воздуха из-за подсосов воздуха в коллектор в помещении AB716 (см. 6.12.2 настоящего пособия).

Рабочей документацией предусмотрена возможность вентиляции гермооболочки с очисткой воздуха при отказе (обесточении) вентилятора TL21D01. Следует выполнить переключения арматуры и ввести в работу вентилятор TL21D03 согласно рис. 5.4.



Примечание – Клапан герметичный TL21D01 должен быть открыт вручную.

Рисунок 5.4 – Работа системы TL21D03 в режиме вентиляции с очисткой воздуха при отказе (обесточении) вентилятора TL21D01

После окончания тушения пожара в помещениях АСУТП может быть введена в работу система удаления продуктов сгорания UV64 (только на блоке № 6), для чего в помещения заводится гибкий воздуховод (шланг), подключенный к ближайшему патрубку указанной системы, и включается соответствующий вентилятор.

5.7 Режимные карты систем вентиляции и кондиционирования воздуха

В 2003 году в Украине были введены в действие правила [165], в которых имелся пункт 5.16.1.9:

«Для каждого объекта (здания, сооружения) должна быть разработана инструкция по эксплуатации систем вентиляции, в которой должны быть приведены режимные карты эксплуатации каждой вентсистемы, содержащие следующие сведения:

– режим эксплуатации: круглогодичный, эксплуатация в теплое или холодное время года;

– режим управления: ручной, автоматический (по импульсам от датчиков);

– режим работы: односменный, двухсменный, круглосуточный, периодический – в зависимости от необходимости, кратковременный – с фиксированным временем работы, аварийный (при пожаре, после пожара, при повышенной концентрации взрывоопасных или радиоактивных веществ в помещениях, при возникновении радиационной аварии на АЭС);

– время включения и выключения вентсистемы (для кратковременного режима с фиксированным временем и для односменного и двухсменного режимов работы);

– критерий перехода с режима эксплуатации в теплое время года на режим эксплуатации в холодное время года, и наоборот;

– периодичность переключения на резервное вентоборудование;

– периодичность опробования оборудования и автоматики аварийных вентсистем;

– периодичность проверки огнезадерживающих клапанов и клапанов дымоудаления».

На Запорожской АЭС форма режимных карт введена в действие организационно-распорядительным документом.

Указанные режимные карты включены в состав альбомов эксплуатационных схем и приложений к инструкциям по эксплуатации систем вентиляции и кондиционирования воздуха РО (см. 10.2.6 настоящего пособия).

В стандарте [140] записано:

Энергетические характеристики оборудования и норма отдельных показателей должны быть представлены эксплуатационному персоналу в форме режимных карт, инструкций, таблиц, графиков, а по объему и содержанию соответствовать действующим руководящим документам.

Образцы режимных карт систем вентиляции и кондиционирования воздуха на Запорожской АЭС приведены в приложении К:

– систем охлаждения и вентиляции гермооболочки – в таблице К.1;

– систем охлаждения фундаментной части – в таблице К.2;

– систем централизованного кондиционирования воздуха БПУ и УВС, аварийной приточной системы БПУ – в таблице К.3;

– ремонтно-аварийных систем вентиляции герметичной зоны и обстройки – в таблице К.4;

– систем вентиляции ЗКД – в таблице К.5;

– систем вентиляции ЗСД – в таблице К.6;

– систем кондиционирования воздуха – в таблице К.7.

6 Технологические связи систем вентиляции и кондиционирования воздуха

6.1 Каналы СБ

Часть систем вентиляции и кондиционирования воздуха входит в состав каналов СБ, что означает:

– электроснабжение электродвигателей вентиляторов и автономных кондиционеров производится от системы надежного питания II категории;

– управление вентиляторами и электроприводной арматурой производится от отдельных панелей УКТС или ПТК, или от отдельных МЩУ;

– на воздухоохладители рециркуляционных систем охлаждения и конденсаторы автономных кондиционеров подается техническая вода группы «А» соответствующего канала СБ;

– оборудование и воздуховоды систем вентиляции и кондиционирования воздуха располагаются, как правило, в помещениях обслуживаемого канала СБ.

Согласно ТРБЭ, при работе РУ на мощности разрешается вывод одного канала СБ в ремонт на время не более 72 ч. Но это не означает, что сборки электроснабжения и шкафы УКТС или ПТК при выводе канала СБ в ремонт обесточены. Причина в том, что на стадии разработки рабочей документации в помещениях каналов СБ была предусмотрена установка оборудования систем нормальной эксплуатации, которые при выводе канала СБ в ремонт отключаться не могут, иначе последует останов блока.

Значит, оборудование систем нормальной эксплуатации должно находиться в работе, на соответствующие сборки электроснабжения и шкафы УКТС или ПТК подано напряжение, от них имеются теплопоступления. А системы кондиционирования воздуха канала СБ, выведенного в ремонт, работать в режиме охлаждения не могут из-за отсутствия технической воды группы «А».

Спасают положение только приточной противодымной вентиляции, которые по отдельной программе вводятся в работу и обеспечивают подачу наружного воздуха в помещения канала СБ, выведенного в ремонт.

Схема временной вентиляции помещений АЭ408/1-3, АЭ438/1-3 при выводе в ремонт одного канала СБ Запорожской АЭС в качестве примера показана в приложении Л.

По программе открываются и закрываются двери помещений (см. приложение Л). При выводе в ремонт I или III канала СБ, если программой предусмотрено открытие дверей из ЗСД в ЗКД, возле них выставляются наблюдающие. Соответствующие автономные кондиционеры вводятся в работу в режиме вентиляции.

При выводе в ремонт разных каналов СБ:

– I канала – система приточной противодымной вентиляции подает наружный воздух в лестничную клетку № 2, нагретый воздух перетекает в лестничную клетку № 3 и далее через открытые двери на отм. 45,600 на кровлю;

– II канала – система приточной противодымной вентиляции подает наружный воздух в лестничную клетку № 2, нагретый воздух перетекает в лестничную клетку № 1 и далее через открытые двери на отм. 45,600 на кровлю;

– III канала – система приточной противодымной вентиляции подает наружный воздух в лестничную клетку № 1, нагретый воздух перетекает в «чистую» эстакаду.

При этом температура наружного воздуха должна находиться в диапазоне (2-15) °С, при значении данного параметра более 15 °С выполнение корректирующих мероприятий не может в полной мере гарантировать соблюдение проектного температурного режима в электротехнических помещениях.

6.2 Система технического водоснабжения ответственных потребителей (группы «А»)

Система технического водоснабжения ответственных потребителей охлаждения принята оборотной, изолированной от внешних водоемов, грунтовых вод и других систем водоснабжения с охлаждением воды в брызгальных бассейнах.

На каждый блок Запорожской АЭС предусматривается по три независимых канала технического водоснабжения. Охлажденная в брызгальных бассейнах вода самотеком по трубопроводам подводится к водоприемникам насосных станций, расположенным в здании РДЭС, насосами QF11(21,31)D01, D02 подается к потребителям РО и на охлаждение ДГ.

В пределах РО техническая вода подается на охлаждение потребителей, от них нагретая вода отводится в брызгальные бассейны для охлаждения.

Условием работоспособности канала СБ согласно ТРБЭ является расход технической воды группы «А» не менее 2800 м³/ч через теплообменник аварийного и планового расхолаживания TQ10(20,30)W01. Расход технической воды группы «А» на остальные потребители, в т.ч. на воздухоохладители систем охлаждения герметичной части и конденсаторы автономных кондиционеров не регламентируется.

Фрагмент эксплуатационной схемы одного канала СБ системы технического водоснабжения ответственных потребителей показан на рис. 6.1.

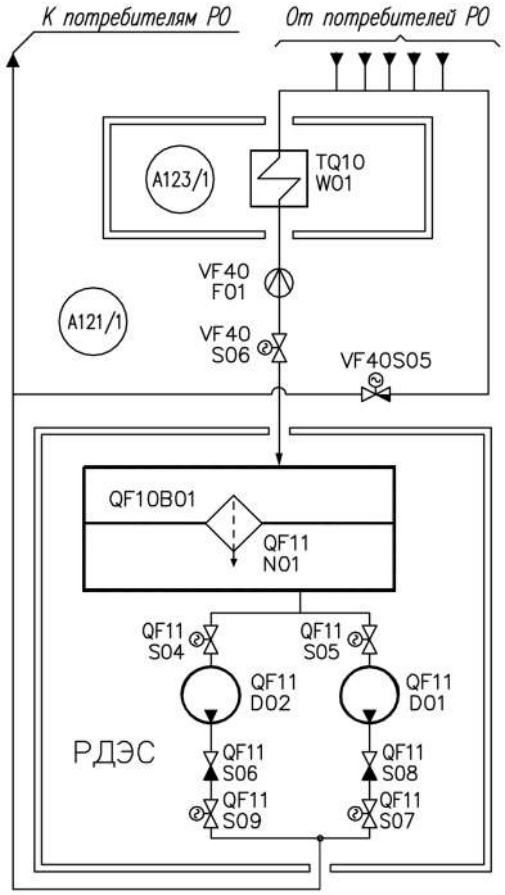


Рисунок 6.1 – Фрагмент схемы техводоснабжения группы «А» I канала СБ

Расход воды через теплообменник TQ10(20,30)W01 измеряется расходомером VF40(50,60)F01, при недостаточном расходе воды через регулирующий клапан VF40(50,60)S05 вода из напорного коллектора перепускается на теплообменник аварийного расхолаживания.

Из этого можно сделать заключение:

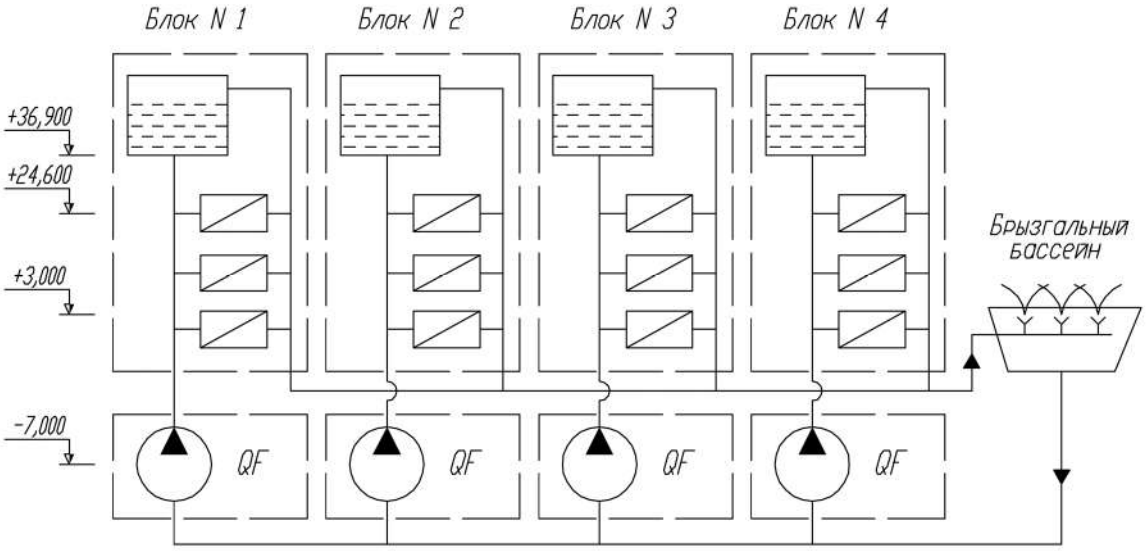
– максимальный расход технической воды на потребители обстройки, в том числе воздухоохладители систем охлаждения и конденсаторы автономных кондиционеров обеспечивается при отсутствии загрязнений в трубках теплообменника аварийного расхолаживания;

– по мере загрязнения трубок теплообменника аварийного расхолаживания расход воды на потребители обстройки будет снижаться и увеличение его невозможно.

На некоторых блоках по чертежу ГРП сливные трубопроводы от автономных кондиционеров подключены за арматурой VF40(50,60)S06, но принципиально проблема не была решена.

На блоках № 1-4 Запорожской АЭС трубопроводы слива технической воды группы «А» каждого канала СБ объединены коллекторами, что означает, что при выводе в ремонт одного канала СБ на одном блоке в соответствующем сливном трубопроводе за счет работы насосов других блоков сохраняется уровень воды (6,0-7,0) м. При этом ремонт трубопроводов, находящихся ниже указанной отметки, невозможен, для выполнения этой операции необходимо выводить из работы соответствующий канал СБ на всех блоках № 1-4.

Упрощенная схема системы техводоснабжения группы «А» одного канала СБ блоков № 1-4 приведена на рис. 6.2.



Примечание – Баки аварийного запаса воды отключены по техническому решению.

Рисунок 6.2 – Схема системы техводоснабжения группы «А» одного канала СБ блоков № 1-4

На блоках № 5, 6 Запорожской АЭС трубопроводы слива технической воды каждого канала СБ разделены.

При вводе в работу систем кондиционирования воздуха блока № 1 был обнаружен недостаточный расход воды на конденсаторы автономных кондиционеров. Гидравлический расчет участков трубопроводов показал, что при паспортном значении расхода воды на конденсаторы автономных кондиционеров необходим перепад давления воды между врезками в коллекторы:

- на 1 пог. м трубопровода Dy 32 – 0,1 кгс/см^2;
- на автономные кондиционеры UV02D05, D06 (от III канала СБ) – 10 кгс/см^2;
- на автономные кондиционеры остальных систем кондиционирования воздуха – более 4 кгс/см^2.

Причина заключалась в том, что АТЭП принял скорость движения воды в трубопроводах технической воды 3 м/с независимо от диаметра трубопроводов, гидравлический расчет системы не выполнялся.

По чертежу ГРП был увеличен диаметр трубопроводов, подающих техническую воду группы «А» на конденсаторы автономных кондиционеров, длина трубопроводов Dy 32 перед конденсаторами указана в чертеже – не более 1 м.

Диаметры проходок через стены увеличить не удалось.

Указанный чертеж ГРП до начала монтажа трубопроводов технической воды группы «А» был своевременно передан на АС «Козлодуй» для обеспечения работоспособности систем кондиционирования воздуха.

При реконструкции систем кондиционирования воздуха участки трубопроводов до врезок в коллекторы были заменены. Кроме этого, на трубопроводах подачи технической воды практически на каждую группу автономных кондиционеров была установлена дополнительная запорная арматура (например, VF29S30, VF59S30 на рис. 10.4).

6.3 Система технического водоснабжения неответственных потребителей (группы «В»)

Источник системы технического водоснабжения неответственных потребителей – пруд-охладитель Запорожской АЭС.

Техническая вода подается на потребители машзала и фундаментной части РО насосами VC20D01, D02 (один в работе, один в резерве). Подача технической воды на потребители герметичной части РО производится насосами VB81D01, VB82D01, VB83D01 (два в работе, один в резерве).

Слив технической воды от потребителей машзала и РО через технологический конденсатор производится в подводящий канал.

В ППР блока система технического водоснабжения неответственных потребителей выводится из работы, при этом остаются без охлаждения воздухоохладители системы TL14 и ходовая часть вентиляторов TL21D02, D03, что для блоков Запорожской АЭС не критично.

6.4 Система теплоснабжения

На воздухонагреватели приточных систем вентиляции подается сетевая вода от теплового узла № 2, установленного на отм. 19,800 деаэраторного отделения соответствующего блока.

На тепловой узел № 2 сетевая вода подается от теплофикационной установки соответствующего блока или магистральных трубопроводов теплоснабжения промплощадки.

Температурный график тепловой сети в рабочей документации был указан 150/70 °С, в режимной карте тепловой сети принят 130/70 °С.

Давление сетевой воды на тепловом узле № 2 согласно режимной карте тепловой сети:

– в подающем коллекторе – (4,8±0,6) кгс/см^2;

– в обратном коллекторе – (2,8±0,2) кгс/см^2.

6.5 Системы холодоснабжения от ПЭМ

На каждом блоке Запорожской АЭС установлены по три ПЭМ производства завода «Компрессор» г. Москва.

ПЭМ UX11H01 марки 16э предназначена для охлаждения рабочей воды, подаваемой на:

– воздухоохладители рециркуляционных систем охлаждения герметичной зоны и фундаментной части РО;

– теплообменники систем дожигания водорода и спецгазоочистки РО.

Режим работы – в теплый период года, отключение не приводит к останову блока.

ПЭМ UX21H01 марки 16э предназначена для охлаждения рабочей воды, подаваемой на воздухонагреватели приточных систем вентиляции реакторного отделения.

Режим работы – в теплый период года, отключение не приводит к останову блока.

Потребители ПЭМ UX31H01 марки 17эп находятся в деаэраторном отделении.

При эксплуатации обнаружены следующие недостатки в эксплуатации ПЭМ:

– в техническом задании на турбину ХИЭП не учел требования завода-изготовителя ПЭМ в части давления и степени сухости рабочего пара в КСН, в сочетании с температурой технической воды неответственных потребителей (33-34) °С в начале эксплуатации АС холодильные машины были практически неработоспособны;

– недостаточный расход на конденсаторы ПЭМ технической воды неответственных потребителей, при этом ПЭМ UX21H01 не может работать, а ПЭМ UX11H01, UX31H01 работают при 50% количества главных эжекторов (т.е. 50% холодопроизводительности);

– из-за неэффективной очистки технической воды неответственных потребителей от механических включений на фильтрах ФС-600 ПЭМ неоднократно аварийно останавливались из-за забивания главного и вспомогательного конденсаторов ракушкой, илом, песком, водорослями;

– процесс ввода ПЭМ в работу может занимать до смены (длительный процесс вакуумирования испарителя, переключения производятся вручную);

– в ППР блока из-за вывода в ремонт системы технического водоснабжения неответственных потребителей невозможна подача рабочей воды от ПЭМ UX21H01 на воздухонагреватели ремонтных систем вентиляции TL41, TL47, TL48.

По чертежу ГРП были смонтированы трубопроводы подачи пара на ПЭМ от СПП, после чего ПЭМ UX11H01, UX31H01 стали устойчиво работать.

ПЭМ UX21H01 работали только одно лето на блоках № 5, 6, для чего была открыта арматура на перемычке между насосами VC20 соответствующих БНС и введены в работу три насоса из четырех. После окончания теплого периода года был обнаружен недопустимый износ подшипников насосов VC20, так что ПЭМ UX21H01 с тех пор ни на одном блоке в работу не вводились.

6.6 Автоматическая пожарная сигнализация (АПС)

Автоматическая пожарная сигнализация входит в состав автоматических систем обнаружения и тушения пожаров (АСОиТП).

АСОиТП предназначены для своевременного обнаружения признаков задымления и возгорания, выдачи информации (сигнализации) о пожаре и пуске автоматического пожаротушения (подачи распыленной воды в защищаемые помещения для тушения возгорания), отключения систем вентиляции и кондиционирования воздуха, управления системами оповещения, противодымной вентиляции, а также передачу информации на пульт пожарной охраны.

Во всех технологических помещениях РО установлены извещатели пожарные, при появлении дыма или повышении температуры воздуха (или скорости повышения температуры воздуха), выдающие сигнал о пожаре на ППКП. Кроме этого, на лестничных клетках установлены ручные извещатели.

От ППКП сигналы о пожаре поступают в схемы управления систем вентиляции и кондиционирования воздуха, после чего согласно алгоритмам, указанным в рабочей документации:

– отключаются вентиляторы и автономные кондиционеры;

– включаются вентиляторы систем приточной противодымной вентиляции;

– открываются дымовые клапаны на системах приточной противодымной вентиляции.

В первоначальной рабочей документации блоков № 1, 2 было предусмотрено отключение АПС систем вентиляции, обслуживающих помещения категории пожарной опасности В и части электротехнических помещений.

На последующих блоках объем отключаемых АПС систем вентиляции и кондиционирования воздуха увеличивался и достиг максимума на блоке № 6.

При модернизации систем приточной противодымной вентиляции и систем кондиционирования воздуха соответствующие системы управления подключались к АПС для возможности включения или отключения их при пожаре.

Алгоритмы АПС на разных блоках существенно различаются, для примера они приведены для блоков № 1-6:

– в таблице 6.1 – системы кондиционирования воздуха UV06 и аварийной системы вентиляции БПУ UV55;

– в таблице 6.2 – системы вентиляции кабельных этажей I СБ UV29, UV49 и системы вентиляции кабельных этажей БПУ (БПУ и УВС) UV35, UV38.

Таблица 6.1

Защищаемое помещение	Канал СБ / СНЭ	Действия АПС	Примечание
Блоки № 1, 2			
АВ816/6	СНЭ	Отключаются UV06D01, UV06D02; UV55D01, UV55D02	Система UV06 забирает наружный воздух из воздухозаборной камеры АВ912/6, система UV55 – из АВ816/6. При задымлении воздухозаборной камеры АВ912/6 для ввода аварийной системы UV55 в работу потребуется снять блокировки АПС
АВ912/6			
Блок № 3			
АВ816/6	СНЭ	Отключаются UV06D01, UV06D02	Не предусмотрено отключение вентиляторов UV55D01, D02 при задымлении воздухозаборной камеры АВ816/6
АВ912/6			
АЭ340	III		
АЭ341			
Блок № 4			
АВ816/6	СНЭ	Отключаются UV06D01, UV06D02	Не предусмотрено отключение вентиляторов UV55D01, D02 при задымлении воздухозаборной камеры АВ816/6
АВ912/6			
АЭ128/1-3	III	Отключаются UV06D01, UV06D02, UV55D01	При отключении системы UV06 следовало бы включать вентиляторы системы UV55. Вентилятор UV55D02 можно беспрепятственно ввести в работу, а для ввода вентилятора UV55D01 в работу потребуется снять блокировку АПС
АЭ340			
АЭ341			
Блок № 5			
АВ816/6	СНЭ	Отключается UV55D02	Не предусмотрено отключение вентилятора UV55D01 при задымлении воздухозаборной камеры АВ816/6
Воздуховод UV06 в БПУ		Отключаются UV06D01, UV06D02	-
АЭ128/1-3	I	Включается UV55D01	-
АЭ340			
АЭ341			

Защищаемое помещение	Канал СБ / СНЭ	Действия АПС	Примечание
АЭ128/1-3	II	Включается UV55D02	-
АЭ340			
АЭ341			
АЭ128/1-3	III	Отключается UV06D02	-
АЭ340		Отключаются UV06D01, UV06D02	-
АЭ341			
Блок № 6			
АВ816/6	СНЭ	Отключаются UV06D01, UV06D02	Не предусмотрено отключение вентиляторов UV55D01, D02 при задымлении воздухозаборной камеры АВ816/6
АВ912/6			
АК041/1-3	I	Отключается UV55D01	Помещения панелей питания КИП I, II, III СБ находятся в ЗКД и обслуживаются системой вентиляции TL25, никакой связи указанных помещений по воздуху с аварийной системой UV55 нет
АЭ128/1-3		Отключается UV06D01, включается UV55D01	-
АЭ340			
АЭ341			
АЭ128/1-3	II	Отключается UV06D02, включается UV55D02	-
АЭ340		Отключается UV06D02	
АЭ341		Отключается UV06D02, включается UV55D02	
А816/6		Отключается UV55D02	

Таблица 6.2

Защищаемое помещение	Канал СБ	Действия АПС	Примечание
Блоки № 1, 2			
АЭ506/1	I	Отключаются UV29D01, UV29D02. Закрываются UV29S03, UV29S04	Кабельные шахты никакой связи по воздуху с помещениями кабельных этажей не имеют
КШ № 4			
КШ № 2			
АЭ506/2			
КШ № 1			
КШ № 3			
АЭ219/1	III	Отключаются UV35D01, UV35D02, UV38D01, UV38D02. Закрываются UV35S03, UV35S04; UV38S03, UV38S04. На блоке № 1 закрываются UV35S05, UV38S05	В рамках мероприятия по повышению пожарной безопасности блоков на системах UV35, UV38 установлены клапаны противопожарные нормально открытые с электроприводом
АЭ219/2			
Блоки № 3, 4			
КШ № 1	I	Отключаются UV29D01, UV29D02. Закрываются UV49S01, UV49S02; UV29S03, UV29S04	Кабельные шахты никакой связи по воздуху с помещениями кабельных этажей не имеют. Помещение герметичных кабельных проходок ГА315/1 и помещение бака маслосистемы ГЦН расположены в гермооболочке и никакой связи по воздуху с помещениями кабельных этажей не имеют. В рамках мероприятия по повышению пожарной безопасности блоков на системе UV29 установлены клапаны противопожарные нормально открытые с электроприводом
АЭ506/1			
КШ № 3			
КШ № 2			
АЭ506/2			
КШ № 4			
ГА315/1			
ГА311			
АЭ219/1	II	Отключаются UV35D01, UV35D02, UV38D01, UV38D02. Закрываются UV38S03, S04; UV35S03, S04	В рамках мероприятия по повышению пожарной безопасности блоков на системах UV35, UV38 установлены клапаны противопожарные нормально открытые с электроприводом
АЭ219/2			

Защищаемое помещение	Канал СБ	Действия АПС	Примечание
Блок № 5			
АЭ506/1	I	Отключаются UV29D01, UV29D02. Закрываются UV29S03, UV29S04	Кабельные шахты никакой связи по воздуху с помещениями кабельных этажей не имеют
КШ № 4			
КШ № 2			
АЭ506/2			
КШ № 1			
КШ № 3			
АЭ219/1	II	Отключаются UV35D01, UV35D02, UV38D01, UV38D02	В рамках мероприятия по повышению пожарной безопасности блоков на системах UV35, UV38 предусмотрена установка клапанов противопожарных нормально открытых с электроприводом, но они еще не смонтированы
АЭ219/2			
Блок № 6			
АЭ506/1	I	Отключаются UV29D01, UV29D02	-
АЭ506/2			
АЭ219/1	III	Отключаются UV35D01, UV35D02, UV38D01, UV38D02	-
АЭ219/2			

Из таблицы 6.1 видно, что алгоритмы АПС на разных блоках в части систем UV06, UV55 существенно различаются, на блоках № 5, 6 за небольшим исключением их выбор обоснован.

Из таблицы 6.2 видно, что на блоках № 1-5 рабочей документацией предусмотрено отключение АПС системы вентиляции кабельных этажей I СБ UV29, UV49 при задымлении помещений, не имеющих никаких связей по воздуху с помещениями АЭ506/1, АЭ506/2.

Как правило, в инструкциях по эксплуатации систем вентиляции и кондиционирования воздуха приводятся выписки или ссылки на инструкции по эксплуатации АПС с перечнем систем, отключающихся (включающихся) при пожаре.

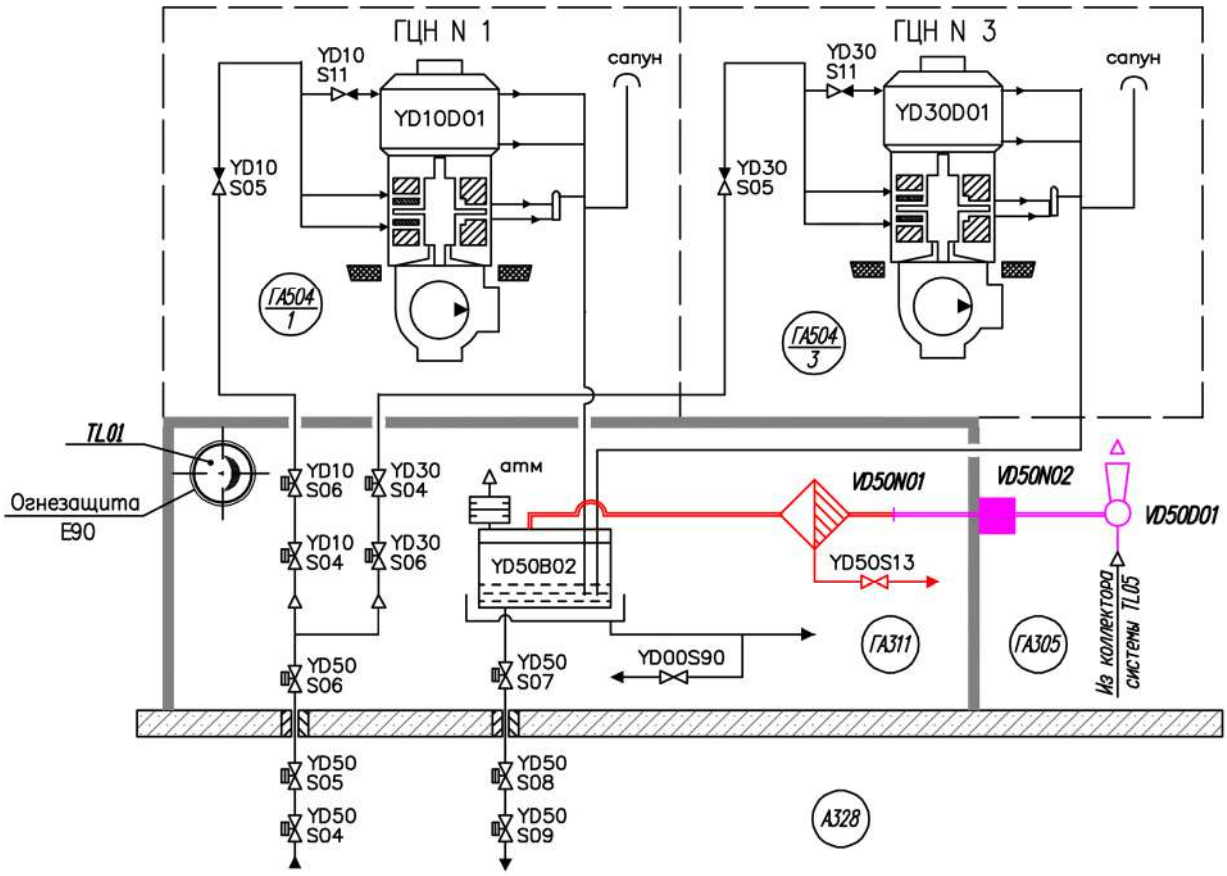
6.7 Маслосистема ГЦН

При проведении ПНР маслосистемы ГЦН выяснилось, что масло из подшипников и электродвигателей не сливается в бак аварийного слива масла. Для устранения этого дефекта в верхней части трубопроводов были врезаны сапуны, после чего масло начало сливаться в бак.

При этом в сливной трубопровод подсасывался воздух, в баке масло вспенивалось, и через дыхательный патрубок начали выходить аэрозоли масла. Для улавливания аэрозолей масла и предотвращения их распространения в пределах гермооболочки был смонтирован трубопровод от баков и установлен фильтр аэрозольный «ФАРТОС Ц-500», работающий в режиме самоочищения, со сбросом очищенного воздуха в помещение ГА311. Задержанное фильтроэлементом масло отводилось в поддоны баков аварийного слива масла с дальнейшим дренированием в переносную емкость.

Проблема не решена полностью, так как баки аварийного слива масла находятся под избыточным давлением воздуха, и аэрозоли масла просачиваются из них через неплотности, создавая в помещении ГА311 масляный туман.

Фрагмент схемы маслосистемы ГЦН показан на рис. 6.3.



Примечание – красным цветом выделена система сброса воздуха из бака аварийного запаса масла, фиолетовым цветом – предложения по ее доработке.

Рисунок 6.3 – Фрагмент схемы маслосистемы ГЦН

Через помещение ГА311 проходит транзитный воздуховод системы TL01 в огнезащите (под избыточным давлением воздуха). Неоднократно персонал выполнял в него врезки для вентиляции указанного помещения, чем нарушались правила пожарной безопасности. Концентрация аэрозолей масла в помещении ГА311 снижалась, но аэрозоли масла попадали на оребрение воздухоохладителей системы TL05.

Технически проблема решается установкой после фильтра аэрозольного ФАРТОС Ц-500 эжектора, работающего на воздухе из коллектора системы охлаждения шахты реактора TL05 с давлением 2 кПа и расходом до 1000 $м^3$/ч (система TL05 имеет резерв по расходу воздуха), но в настоящее время модернизация данной системы Запорожской АЭС не по силам.

6.8 Помещения ЗКД I и II категории радиационной опасности в обстройке РО

Для обеспечения нормируемого разрежения в помещениях I и II категории радиационной опасности, находящихся в обстройке РО, необходимо, чтобы помещения имели минимально возможную площадь неплотностей в строительных конструкциях.

Но выполнить это требование достаточно сложно.

И в первую очередь из-за установки в указанных помещениях герметичных защитных дверей, конструкция которых требует для закрытия и уплотнения больших физических усилий и времени. Поэтому часто можно наблюдать герметичные двери в приоткрытом состоянии, удерживаемые от полного открытия одним запором, при этом КИД находится в закрытом состоянии, а в помещении отсутствует разрежение.

Герметичные защитные двери показаны на рис. 6.4.



Рисунок 6.4 – Герметичные защитные двери

6.9 Помещения автономных кондиционеров и приточных вентцентров

После включения в рабочую документацию систем кондиционирования воздуха (см. 4.7.1 настоящего пособия) помещения автономных кондиционеров АВ734/1-4 (маркировка приведена для блоков № 1, 2) оказались расположенными над электротехническими помещениями, что привело к таким последствиям:

– меры по гидроизоляции пола в помещениях автономных кондиционеров оказались недостаточными, неоднократно имели место случаи протечки воды (как технической воды, так и конденсата) в электротехнические помещения;

– дренажная система, выполненная в виде открытых лотков в коридорах, оказалась неудачной из-за засорения лотков мусором, не лучше показала себя та же система из стальных труб из-за коррозии по границе воды и воздуха.

Решить указанные проблемы удалось только при реконструкции систем кондиционирования воздуха путем:

– устройства металлической гидроизоляции в помещениях автономных кондиционеров;

– устройства дренажных лотков и трапов в помещениях автономных кондиционеров, закрытых лотков в коридорах.

Приточные вентцентры АВ815/1, 2 оказались расположенными над помещениями с электронной аппаратурой на отм. 24,600, меры по гидроизоляции пола в помещениях автономных кондиционеров также оказались недостаточными, неоднократно имели место случаи протечки сетевой воды в помещения АЭ725/1, 2; АЭ726, АЭ733.

После того, как вход в помещение предохранительных клапанов БРУ-А А820 при состоянии РУ «Работа на мощности» стал возможным только с разрешения НСЭБ (ВИУБ), процедура допуска в помещения приточных вентцентров АВ911/1, 2 для выполнения обходов, осмотров и ремонта оказалась крайне сложной.

Пришлось внутри проемов на отм. 33,600 в помещениях АВ911/1, 2 монтировать лестницы для возможности доступа в них из помещений АВ815/1, 2 соответственно. При этом использование указанных проемов по проектному назначению, а именно, для транспортирования крупногабаритного оборудования с отм. 28,800 на отм. 33,600 и далее в транспортные шахты, оказалось невозможным.

Оказались бесполезными проектные кран-балки в помещениях АВ815/1, 2 и АВ911/1, 2 из-за загромождения объема помещений воздуховодами.

6.10 Система горячего водоснабжения UT31

Для подачи горячей воды с температурой 70/40 °С на воздухонагреватели системы охлаждения герметичной части TL02 и воздухонагреватели II подогрева системы кондиционирования воздуха UV06 рабочей документацией была предусмотрена система горячего водоснабжения UT31 (в пределах РО – система UM44/UM45), в состав которой входят:

– водо-водяной подогреватель;

– насос;

– расширительный бак;

– локализующая арматура с пневмоприводом;

– арматура с электроприводом;

– трубопроводы.

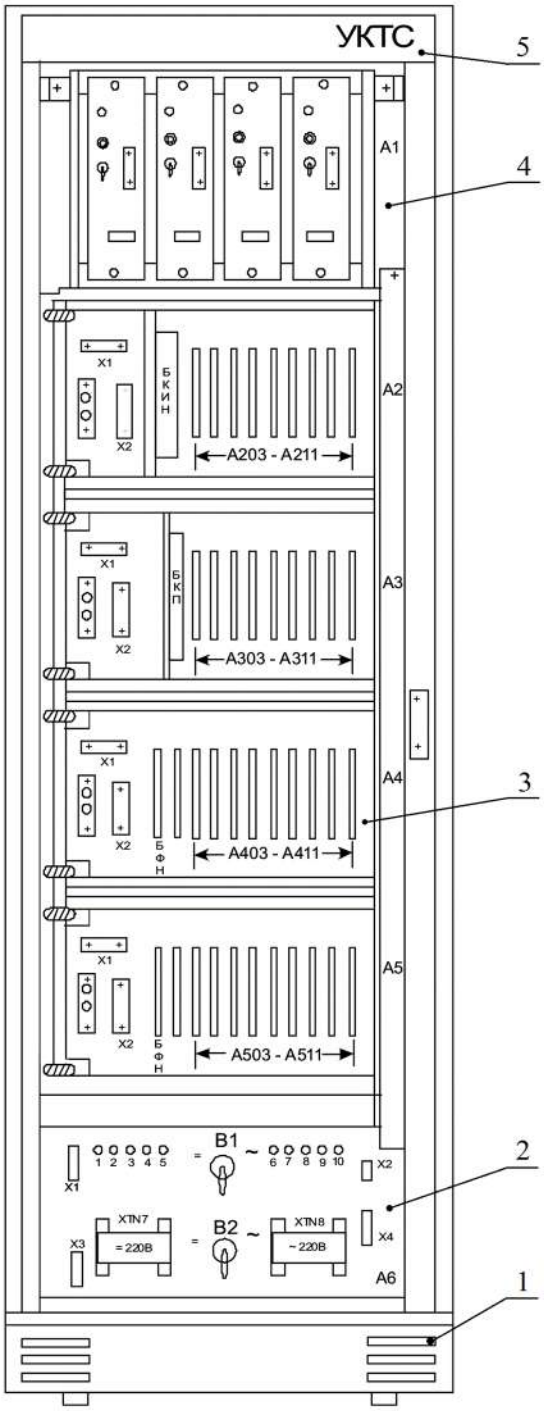
В рабочей документации не было предусмотрено электроснабжение насоса UT31D01 (автоматический выключатель в сборке, кабели, кнопочный пост), по этой причине система ни на одном блоке не работала.

При эксплуатации блоков выяснилось, что данная система не нужна вообще (см. 4.2.2 настоящего пособия), но, так как в состав ее входит локализующая арматура 2 класса безопасности по [9], управляемая со стоек БУЗ (БУИМ) с классификационным обозначением 2НУ по [9], в настоящее время ее аннулирование Запорожской АЭС не по силам.

6.11 Базовые шкафы УКТС

Эскиз общего вида базового шкафа УКТС приведен на рис. 6.5.

В нижней части шкафа расположены воздухозаборные решетки, на первом уровне установлен блок предохранителей, выше – функциональные блоки и блок питания. В верхнем отсеке расположены два блока вентиляторов, выбрасывающих нагретый воздух вверх.



Условные обозначения:

1 – воздухозаборные решетки;

2 – блок предохранителей;

3 – функциональные блоки;

4 – блок питания;

5 – блоки вентиляторов.

Рисунок 6.5 – Общий вид базового шкафа УКТС

Встроенными вентиляторами обеспечивается движение воздуха снизу вверх. Из рис. 6.5 видно, что системы кондиционирования воздуха должны обеспечивать подачу охлажденного воздуха к воздухозаборным решеткам шкафов с электронной аппаратурой.

6.12 Коллекторы вытяжных систем вентиляции TL21-TL30

6.12.1 Конфигурация коллекторов вытяжных систем вентиляции TL22-TL30

Вентиляторы вытяжных систем вентиляции TL22-TL30 находятся на отм. 19,200; 28,800 и 36,600. Между вентиляторами систем TL22-TL30 и помещением УЗС AB1006 смонтированы коллекторы, их аксонометрическая схема на блоках № 1-4 показана на рис. 6.6.

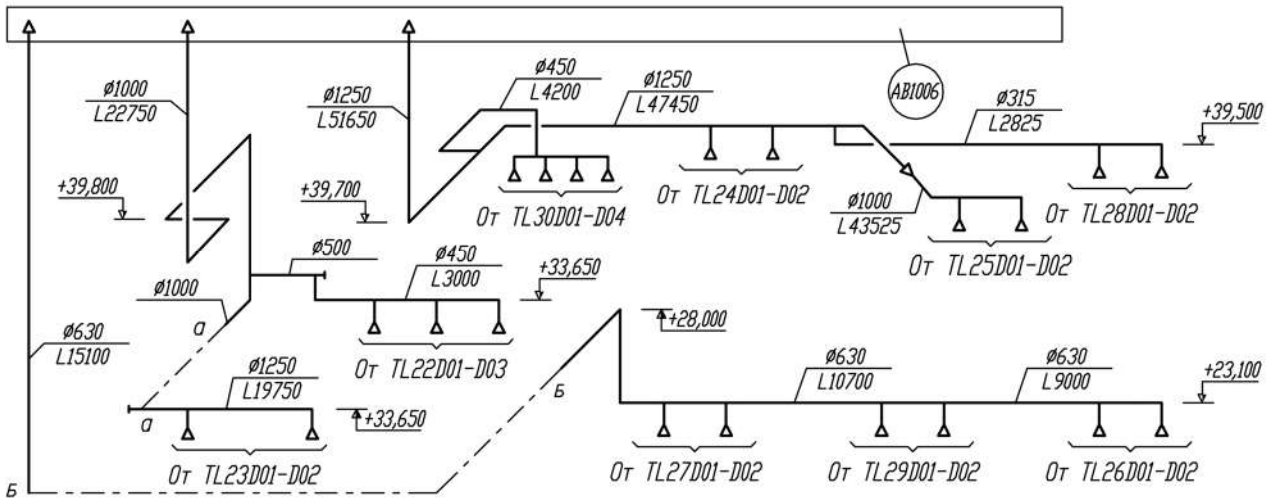


Рисунок 6.6 – Аксонометрическая схема коллекторов систем TL22-TL30 на блоках № 1-4

При принятой конфигурации давление воздуха на выходе работающего вентилятора системы TL22 зависит от режима работы систем вентиляции TL23 и TL25 (от режима работы остальных систем вентиляции практически не зависит).

Неоднократно имели место случаи изменения давления воздуха на выходе работающего вентилятора системы TL22, т.е. изменения расхода воздуха системы TL22 и необходимости регулирования разрежения в гермооболочке вручную (см. 4.9.8 настоящего пособия) после следующих исходных событий:

– переключения с одной группы фильтров аэрозольных и адсорберов угольных системы TL23 на другую группу фильтров аэрозольных и адсорберов угольных;

– ввода в работу обеих групп фильтров аэрозольных и адсорберов угольных системы TL23;

– самопроизвольного закрытия направляющего аппарата на вентиляторе системы TL23 или TL25.

На блоках № 5, 6 по чертежу ГРП были внесены изменения в конфигурацию коллекторов систем TL22-TL30:

– выполнены дополнительные проходки в перекрытиях на отм. 36,600 и 41,400;

– воздуховоды системы TL22 отключены от коллектора системы TL23;

– воздуховоды систем TL24, TL30 отключены от коллектора систем TL25, TL28;

– воздуховоды систем TL22, TL24, TL30 собраны в один коллектор.

Аксонометрическая схема коллекторов систем TL22-TL30 на блоках № 5, 6 показана на рис. 6.7.

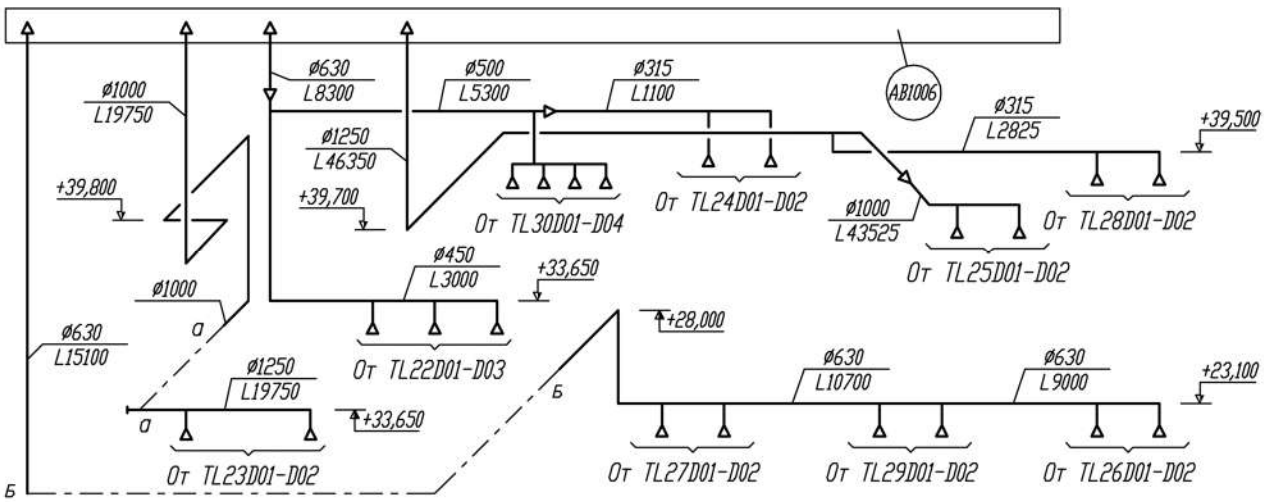


Рисунок 6.7 – Аксонометрическая схема коллекторов систем TL22-TL30 на блоках № 5, 6

Опыт эксплуатации систем вентиляции блоков № 5, 6 показал, что влияние режимов работы систем вентиляции TL23 и TL25 на режим работы системы TL22 существенно уменьшилось.

6.12.2 Плотность коллекторов вытяжных систем вентиляции TL21-TL30

В 13.16 [34] к воздуховодам систем вентиляции ЗКД предъявляются следующие требования:

– толщина металла должна быть (1,5-2,0) мм;

– соединение деталей должно выполняться на сварке сплошным швом;

– воздуховоды должны быть класса «П» (плотные);

– сварные соединения напорных воздуховодов и сборных коллекторов вытяжных систем вентиляции должны контролироваться на герметичность керосином, а в недоступных местах – вакуум-камерой.

Но в рабочей документации требования о контроле герметичности воздуховодов было указано только на блоках № 5, 6.

Учитывая крайне стесненные условия для выполнения монтажа и сварки коллекторов, неплотности в них были неизбежны.

Так как за счет потерь давления на выходе из вентиляционной трубы № 1 в атмосферу, в вентиляционной трубе № 1 и на противовзрывных устройствах, в коллекторах вытяжных систем вентиляции ЗКД блоков № 1, 2 создалось избыточное давление воздуха (500-700) Па, и через неплотности сварочных швов начались протечки воздуха.

Неоднократно из-за превышения объемной активности воздуха по ИРГ в помещение АВ908 ограничивался доступ персонала.

Пришлось инженерам лаборатории наладки вместе с ремонтным персоналом выполнять следующие операции:

– поочередно устанавливать заглушки в месте выхода коллекторов в помещение АВ1006;

– включать вентилятор одной системы вентиляции для создания в коллекторе избыточного давления воздуха (1-5) кПа;

– обмыливанием обнаруживать и отмечать места утечек воздуха.

Дефекты устранялись монтажной организацией, в течение двух месяцев коллекторы были герметизированы, на последующих блоках Запорожской АЭС неплотностей коллекторов практически не было.

С коллекторами между фильтрами аэрозольными и адсорберами угольными в помещении АВ716 сложнее. Размеры коллекторов по рабочей документации (15,8х3,2х0,5) м, сварка листов проводилась по месту установки, из-за стесненных условий монтажа имеется много неплотностей в коллекторах. Поэтому при включении в работу системы вентиляции TL21D01 в режиме очистки воздуха от аэрозолей и йода наблюдаются подсосы воздуха из помещения АВ716 в коллектор с расходом воздуха до 2000 $м^3$/ч.

Но обеспечить герметичность воздуховодов и узлов их присоединения к приспособлениям ПСФ-У-3 и адсорберам угольным невозможно, значит, при работе системы TL21D01 в режиме очистки воздуха с рециркуляцией (см. 5.6 настоящего пособия) в гермооболочке может создаться избыточное давление воздуха.

В настоящее время решение этой проблемы не найдено.

6.13 Вентиляционная труба

Для выброса воздуха в атмосферу из помещений ЗСД РО на каждом блоке установлена двуствольная (труба в трубе) вентиляционная труба металлическая высотой 100 м от уровня планировки. Высота трубы определена на основании физических расчетов влияния выбросов на окружающую среду.

Вентиляционная труба, состоящая из двух стволов: внешнего диаметром 3,0 м и внутреннего диаметром 1,6 м, находится на кровле обстройки и опирается на бетонный оголовок, являющийся продолжением венткороба. Стволы трубы выполнены из низколегированной стали марки 15ХСНД: внешний – из листа толщиной (10-16) мм, внутренний – из листа толщиной 4 мм.

Внутренняя труба (№ 1) предназначена для выброса воздуха в режиме нормальной эксплуатации блока, наружная труба (№ 2) – для выброса воздуха в режиме ППР блока. Расчетная скорость движения воздуха на выходе в атмосферу принята 15 м/с. Помещения для сбора выбрасываемого воздуха выполнены из монолитного железобетона, вентиляционные трубы поставлены отдельными изделиями.

Общий вид вентиляционной трубы показан на рис. 6.8.



Рисунок 6.8 – Вентиляционная труба реакторного отделения

На рис. 6.8 желтая стрелка указывает на пластинчатые турбулизаторы, они же завихрители – устройства, предотвращающие образование застойного циркулирующего вихря воздуха с подветренной стороны вентиляционной трубы.

На блоке № 1 Запорожской АЭС по организационным причинам не был разработан узел стыковки помещения АВ1007 с внутренней трубой, но предоставление расчета скорости движения воздуха через вентиляционные трубы № 1 и № 2 на основании проекта убедило специалистов АТЭП в необходимости разработки данного узла.

На принципиальной схеме систем охлаждения и вентиляции гермооболочки (см. 4.2 настоящего пособия) показан отвод 90° внутри помещения АВ1008, соединяющий помещение АВ1007 с вентиляционной трубой № 1.

Уже после ввода блоков Запорожской АЭС в эксплуатацию был выполнен монтаж расходомеров для измерения расхода воздуха через вентиляционные трубы № 1 и № 2. Для измерения объемной активности воздуха по аэрозолям, йоду и ИРГ в вентиляционных трубах № 1, 2 рабочей документацией предусмотрены средства радиационного контроля (см. 4.9.10 настоящего пособия).

При эксплуатации блоков Запорожской АЭС неоднократно имели место случаи обнаружения в венттрубе № 2 повышенной объемной активности воздуха по аэрозолям и ИРГ при состоянии РУ «Работа на мощности», при этом система TL21 из работы была выведена, локализующая арматура закрыта.

Причина этого обнаруживалась при обходе помещений венттрубы (фрагмент плана на отм. 41,400 РО показан на рис. 6.9, утечки показаны красными стрелками). При неплотно закрытой двери помещения АВ1006 воздух с аэрозолями и ИРГ выходил в помещение АВ1008, откуда перетекал в помещение АВ1004 и далее в венттрубу № 2. После уплотнения двери помещения АВ1006 объемная активность воздуха по аэрозолям и ИРГ в венттрубе № 2 устанавливалась на уровне фона.

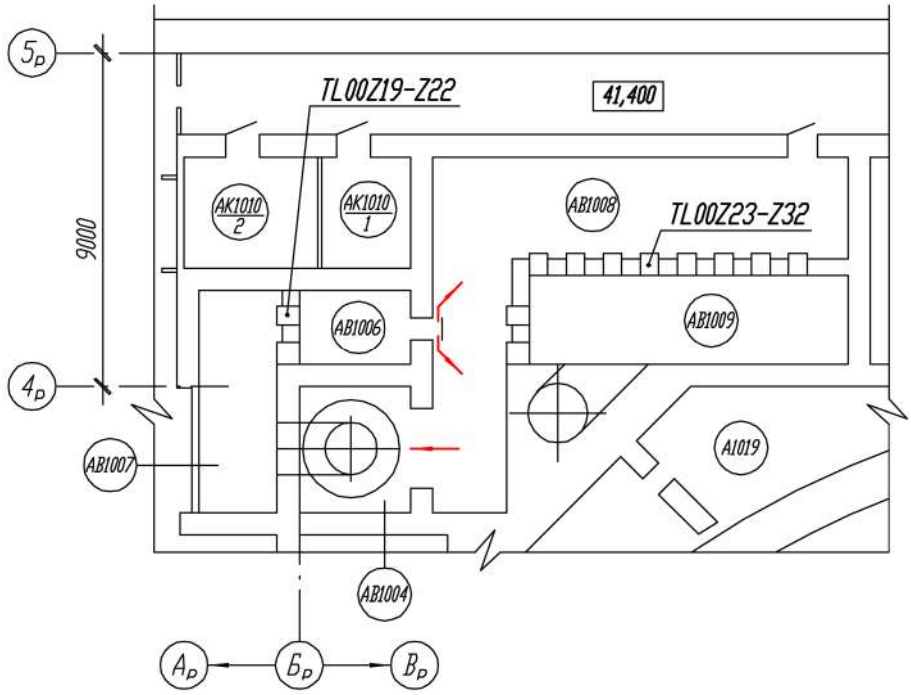


Рисунок 6.9 – Фрагмент плана на отм. 41,400 РО

6.14 Противопожарные перегородки и двери в коридорах фундаментной части

После ввода в действие в 1985 году противопожарных норм [180], в которых требуется коридоры разделять противопожарными перегородками каждые 60 м, АЭП выпустил чертежи установки противопожарных перегородок и противопожарных дверей в коридорах фундаментной части ЗКД на отм. -4,200; 0,000 и 6,600.

План на отм. -4,200 блока № 4 показан на рис. 6.10, блока № 6 – на рис. 6.11.

До установки противопожарных перегородок в коридорах на отм. -4,200; 0,000 и 6,600 ЗКД обеспечивался воздушный баланс, т.е. весь расход приточного воздуха перетекал в помещения II категории радиационной опасности через КИД.

На блоках № 1-4 изменения в трассировку воздуховодов приточных систем вентиляции TL43, TL45 не вносились, на блоках № 5, 6 некоторые изменения в связи с установкой противопожарных перегородок были внесены.

После установки противопожарных перегородок и дверей в указанных коридорах образовался дисбаланс расхода воздуха, часть воздуха во избежание создания разрежения в отдельных отсеках коридоров должна была перетекать между ними, что показано на рис. 6.10 и на рис. 6.11.

При этом на противопожарных дверях должны быть сняты или зафиксированы в открытом положении защелки.

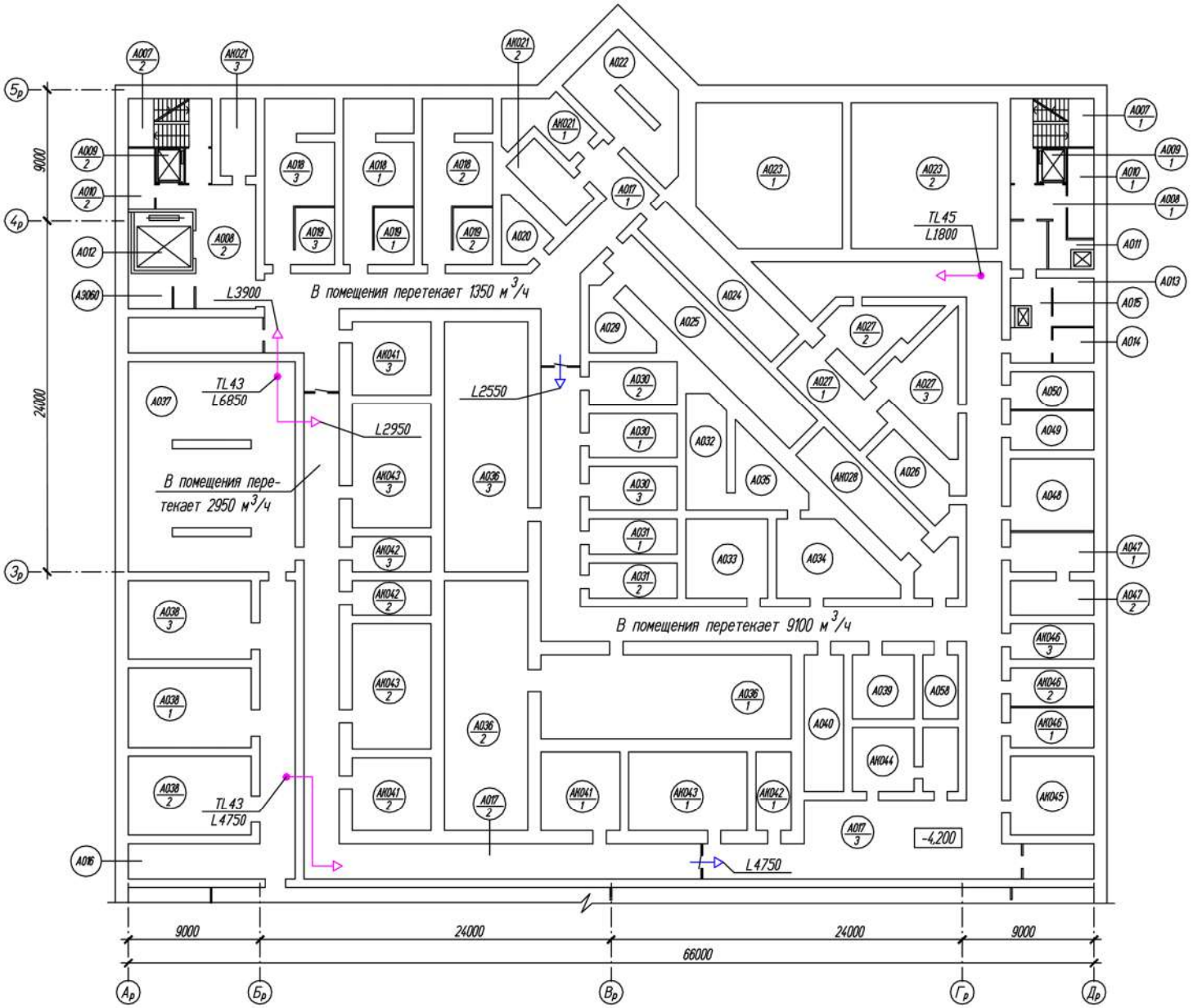


Рисунок 6.10 – План на отм. -4,200 блока № 4

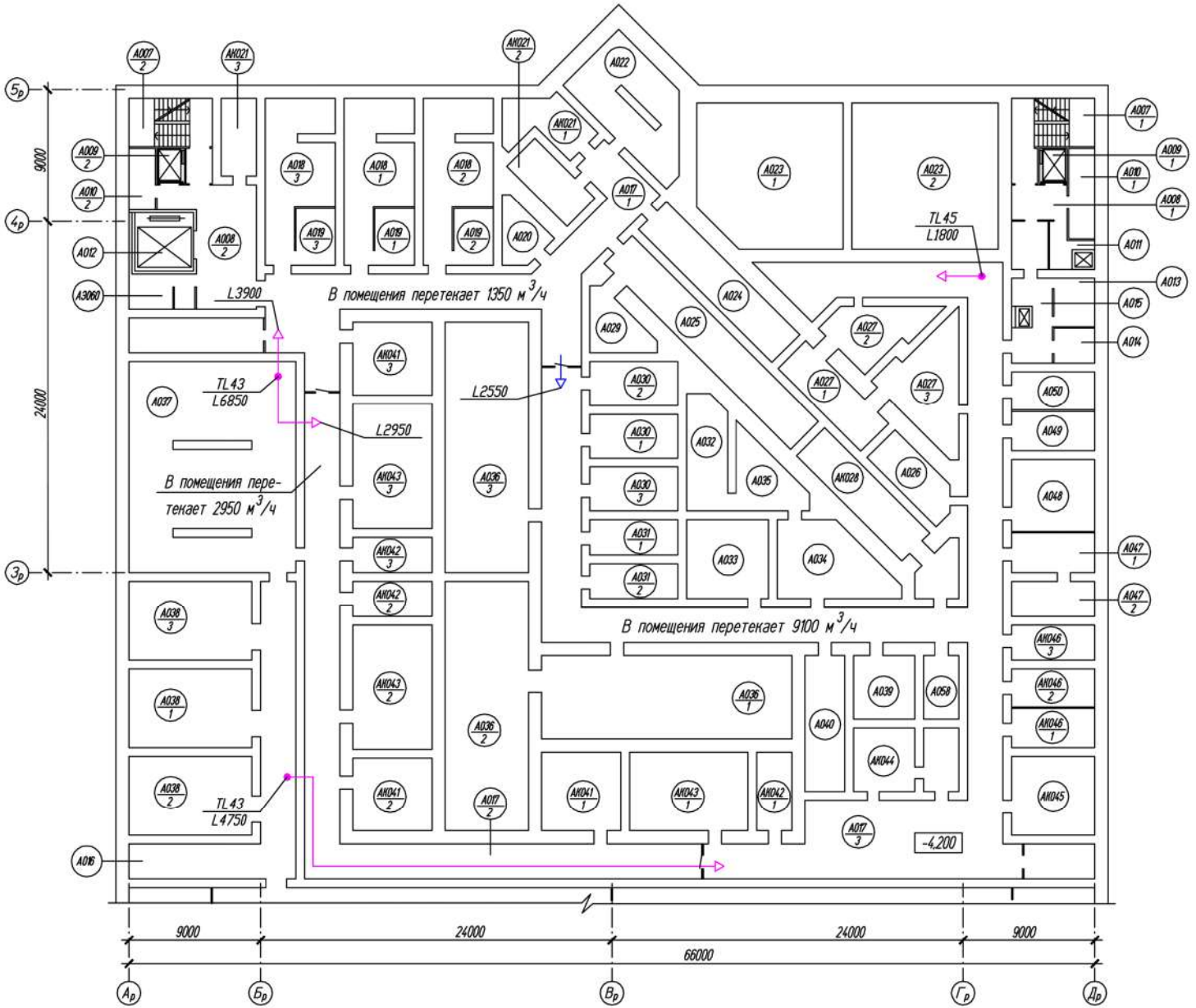


Рисунок 6.11 – План на отм. -4,200 блока № 6

6.15 Подшивные короба

В строительной части ЗКД РО рабочей документацией предусмотрены подшивные короба АВ720/1-4, выполненные из железобетона с отм. 27,200 до отм. 28,800 и выполняющие функцию коллекторов и воздуховодов систем вентиляции TL21D01 и TL23.

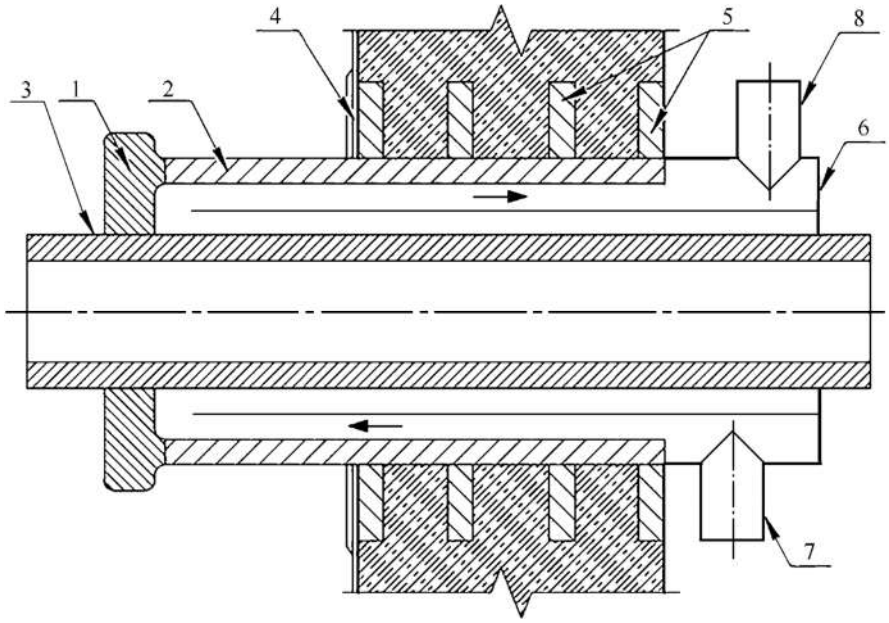
Для своевременного обнаружения дефектов строительных конструкций подшивных коробов следует выполнять их периодический внутренний осмотр, для чего необходимо обеспечить доступ в них персонала.

Так как в рабочей документации возможность доступа в подшивные короба не была предусмотрена, ремонтному персоналу пришлось врезать люки со съемными заглушками в воздуховоды указанных систем вентиляции.

6.16 Охлаждаемые проходки

В месте прохода главных паропроводов, трубопроводов питательной воды, системы аварийного расхолаживания для предотвращения перегрева бетона рабочей документацией предусмотрены охлаждаемые проходки.

Конструкция охлаждаемой проходки показана на рис. 6.12.



Условные обозначения: 1 – корпус; 2 – защитная труба; 3 – трубопровод; 4 – облицовка гермооболочки; 5 – закладные детали; 6 – кожух; 7 – входной патрубок; 8 – выходной патрубок.

Рисунок 6.12 – Конструкция охлаждаемой проходки

Во входной патрубок должен подаваться воздух от системы охлаждения проходок, воздух проходит в зазор между корпусом проходки и перегородкой, далее изменяет направление, проходит в зазор между перегородкой и трубопроводом и выходит в выходной патрубок.

6.17 Шкафы вытяжные и боксы радиационно-защитные

Для отбора проб радиоактивных и вредных веществ, работы с ними в лабораториях обязательна установка вытяжных шкафов.

На лицевой стороне установлены подъемные створки из органического стекла, их положение может регулироваться и фиксироваться. На створках выполнены пары защищенных отверстий с резиновыми перчатками, заходящими внутрь герметичного пространства. В верхней и нижней зоне шкафов установлены патрубки с заслонками для вентиляции, в комплект поставки шкафов могут входить аэрозольные фильтры.

Шкаф вытяжной показан на рис. 6.13.



Рисунок 6.13 – Шкаф вытяжной

Для отбора проб радиоактивных сред и других операций с ними в технологических помещениях устанавливаются боксы радиационно-защитные, в них предусмотрены проемы с резиновыми перчатками, шлюзы, клапаны для притока воздуха, патрубки для подключения к вытяжной вентиляции и СИ для контроля разрежения в них.

Бокс радиационно-защитный показан на рис. 6.14.



Рисунок 6.14 – Бокс радиационно-защитный

6.18 Проемы для аварийного сброса пара из помещения АВ820 в машзал

В соответствии с рабочей документацией, в контурной стене помещения А820 на отм. 36,600 по оси 1р выполнены 30 проемов размером 495х1870 мм для аварийного сброса пара в машинный зал в случае разрыва главного паропровода.

Часть проемов показана на рис. показана на рис. 6.15 (выделена красным овалом).



Рисунок 6.15 – Проемы по оси 1р со стороны машинного зала

В проекте блоков Запорожской АЭС указано, что на этих проемах должны быть установлены противовзрывные устройства УЗС-25, но они были включены в заказную спецификацию, поставлены и смонтированы только на блоке № 6.

Инспекторы по пожарной безопасности периодически поднимают вопрос об установке на указанных выше проемах клапанов противопожарных нормально открытых, которые при пожаре должны закрыться и обеспечить нормируемый предел огнестойкости стены.

В [181] указано, что при разрыве паропровода в помещении А820 значение расчетного расхода насыщенного пара давлением 6 МПа в указанное помещение составит 3 425 кг/с.

В таблице D.7 [182] приведены расчетные параметры воздуха в помещениях А820 и машзала при разрыве паропровода в указанном помещении, см. таблицу 6.3.

Таблица 6.3

Время, с	Температура пара, °С		Давление (абс.), кПа	
	А820	Машзал	А820	Машзал
0	20	20	101	101
0,6	103	22	130*	102
64	150*	79**	102	101
600	98	31	101	101
1 800	36	20	101	101
3 600	29	20	101	101
Примечания: * – суммарно по помещениям А820, А826/1 и А826/2. ** – достигнуто максимальное значение параметра.				

Таким образом, при условии открытия проемов для сброса пара из помещения А820 в машзал в интервале (0,6-64,0) с после разрыва паропровода в указанном помещении установится температура паровоздушной смеси (103-150) °С.

В случае установки на указанные проемы клапанов противопожарных и разрыве паропровода сработают термоэлектрические прерыватели (при применении клапанов противопожарных с электроприводом) или расплавятся плавкие предохранители (при применении клапанов с ручным приводом) и клапаны противопожарные закроются, препятствуя выходу паровоздушной смеси в машзал.

Далее путь движения паровоздушной смеси непредсказуем: она может выдавить заслонки клапанов противопожарных, может распространяться по трубопроводным и транспортным шахтам.

Поэтому следует при необходимости доведения предела огнестойкости стены по оси $1^{р}$ до нормируемого значения выполнить анализ всех возможных последствий.

6.19 Помещения с автоматическим газовым пожаротушением

В основу принципа действия автоматического газового пожаротушения (АУГП) положен принцип объемного тушения пожара в отдельном помещении путем создания огнетушащей концентрации газового огнетушащего вещества (ГОТВ) во всем объеме данного помещения.

На Запорожской АЭС в качестве ГОТВ применяются негорючие и малотоксичные газообразные вещества: хладон-125 и хладон 227еа, являющиеся химическими ингибиторами горения. Механизм пожаротушения хладонами заключается в основном в воздействии этого газового огнетушащего вещества на разрыв радикальных связей физико-химической цепной реакции горения, в подавлении «активных центров» этой реакции и создании негорючей среды в защищаемом объеме.

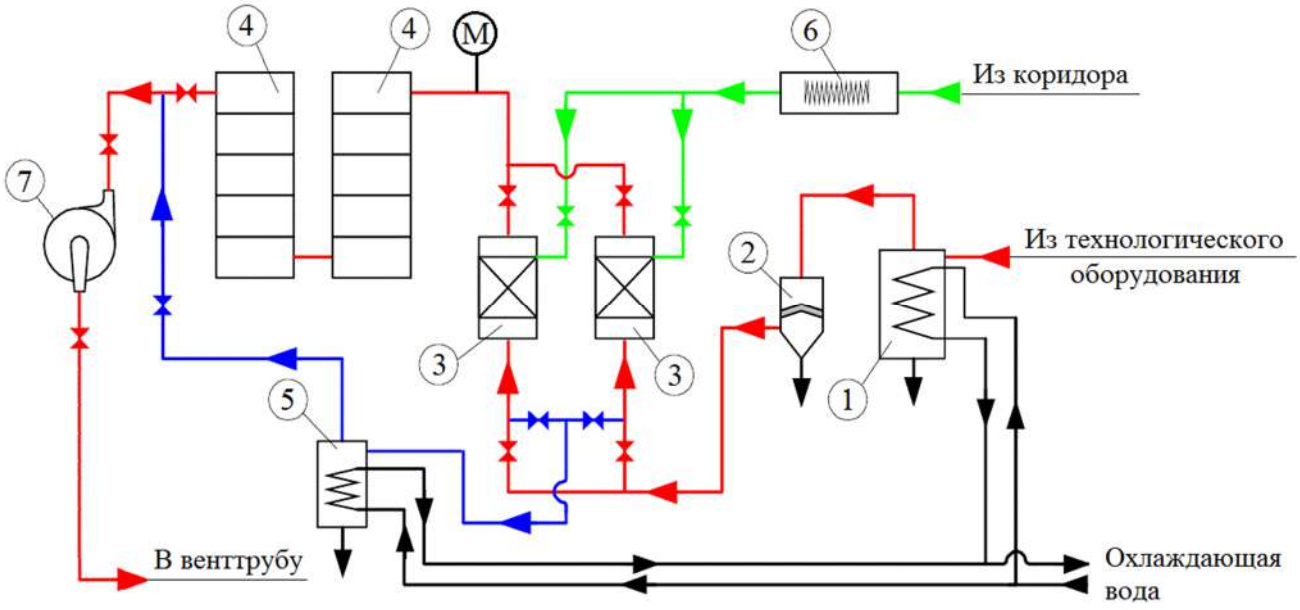
Требования нормативных документов к системам вентиляции помещений, в которых установлены АУГП, приведены в 2.7 настоящего пособия.

6.20 Система спецгазоочистки (СГО)

Система спецгазоочистки предназначена для уменьшения выброса радиоактивных инертных газов, радиоактивного йода и аэрозолей из сдувок технологического оборудования реакторного отделения.

Система очистки газов состоит из 3-х взаимозаменяемых ниток: основной рабочей, вспомогательной рабочей и резервной. На основную рабочую нитку газ поступает из системы сжигания водорода, на вспомогательную рабочую нитку – из приямка организованных протечек, баков грязного конденсата и сдувок из барботажного бака и гидроаккумулирующих емкостей САОЗ (при сбросе в них давления для вывода в ремонт).

Упрощенная схема системы СГО приведена на рис. 6.16.



Условные обозначения: 1 – теплообменник; 2 – фильтр самоочищающийся; 3 – фильтр цеолитовый; 4 – фильтр-адсорбер; 5 – теплообменник; 6 – электронагреватель; 7 – газодувка.

Рисунок 6.16 – Упрощенная схема системы СГО

Газ охлаждается в теплообменнике 1, очищается от капельной влаги и аэрозолей в самоочищающемся фильтре 2, осушается в цеолитовом фильтре 3, очищается от ИРГ в фильтре-адсорбере 4 и газодувкой 7 подается в венттрубу.

На рис. 6.16 путь газа в режиме нормальной эксплуатации показан линиями красного цвета.

Емкость цеолитового фильтра по влаге ограничена, в ТОБ блоков № 1-6 записано, что условием для его регенерации является повышение влагосодержания воздуха за цеолитовым фильтром (точка М на рис. 6.16) более 0,25 г/м^3, что соответствует температуре точки росы минус 30 °С.

В настоящее время СИ для измерения влагосодержания воздуха за цеолитовым фильтром в системе СГО отсутствуют, согласно инструкции по эксплуатации цеолитовый фильтр выводится на регенерацию при:

– снижении разности температур внутри цеолитового фильтра и технической воды соответствующей системы до (2-4) °С;

– после прохождения максимума $\Delta T_{мах}$, определяемого по графику работы цеолитовых фильтров ($\Delta T_{мах}$ – определяется экспериментальным путем и его величина индивидуальна для каждого фильтра);

– в любом случае через (9-18) часов в режиме расхолаживания I контура.

Фактически системы СГО управляются вручную, т.е. задержки с переключениями ниток и временное снижение эффективности очистки среды от ИРГ неизбежны.

По данным ЦРБ Запорожской АЭС, объемная активность сдувок по ИРГ на входе системы СГО находится в диапазоне ($3{,}7x10^7$-$3{,}7x10^8$) Бк/м^3 (10^{-6}-10^{-5} Ки/л), на выходе системы СГО в среднем составляет $3{,}7x10^6$ Бк/м^3 (10^{-7} Ки/л). На блоках Запорожской АЭС сдувки имеют различный изотопный состав, например, на блоке № 3 имеется значительно больше аргона-41, чем на других блоках.

Для регенерации цеолитового фильтра нитка выводится из работы, переключается соответствующая арматура, воздух из коридора в электронагревателе 6 нагревается до температуры (300-400) °С и подается на цеолитовый фильтр 3, после чего охлаждается в теплообменнике 5 и газодувкой 7 подается в венттрубу.

На рис. 6.16 путь газа при регенерации цеолитового фильтра показан линиями зеленого и синего цвета.

В начальной стадии регенерации цеолитовых фильтров имели место выбросы ИРГ, адсорбированных на поверхности цеолита, в венттрубу.

Периодически в подразделении, за которым закреплены системы СГО, обсуждается вопрос о замене адсорбента в фильтрах-адсорберах, чему препятствует:

– отсутствие технических средств для выгрузки и загрузки адсорбента;

– отсутствие информации об адсорбентах, обеспечивающих проектную эффективность очистки среды от ИРГ.

Связи системы СГО с системами вентиляции следующие:

– согласно рабочей документации, выброс очищенной газовой смеси должен производиться в помещение АВ1006, для экономии материала трубопровод был врезан в напорный коллектор систем вентиляции TL26, TL27, TL29; в итоге газовая смесь попадала в то же помещение;

– в дальнейшем по техническому решению были смонтирован отдельные трубопроводы с арматурой, чтобы при регенерации цеолитовых фильтров воздух после теплообменников поступал на фильтры аэрозольные и адсорберы угольные системы TL22.

6.21 Помещения КИП I контура

Границу герметичной части пересекает большое количество импульсных трубопроводов датчиков КИП, которые не имеют изолирующих устройств при проходе через перекрытия и стены.

Для ограничения течей, которые могут возникнуть при повреждениях импульсных линий или при нарушении герметичности датчиков, на импульсных трубопроводах, связанных с радиоактивной средой высокого давления, у отборов устанавливаются отключающие устройства, отсекающие импульсные трубопроводы при возникновении течи.

Согласно 11.6.14 [34], строительные конструкции и сбросные устройства герметичных помещений, трапные вентили герметичных и негерметичных помещений должны быть рассчитаны на поступление в помещение теплоносителя с расходом, определяемом разрывом в пределах трех импульсных трубопроводов, несрабатыванием отключающего устройства на одном из них и протечками через два других отключающих устройства.

Отключающие устройства Dy 10 (15) Py 180 обеспечивают гарантируемую пропускную способность в закрытом состоянии:

- от 10 л/ч до 15 л/ч при перепаде давления 0,1 МПа;
- от 24 л/ч до 37 л/ч при перепаде давления 0,6 МПа;
- от 130 л/ч до 200 л/ч при перепаде давления 18 МПа.

Результаты расчета параметров воздуха при разрыве одной импульсной трубки 1 контура в помещениях АК329/1-3 показаны в таблице 6.4.

Таблица 6.4

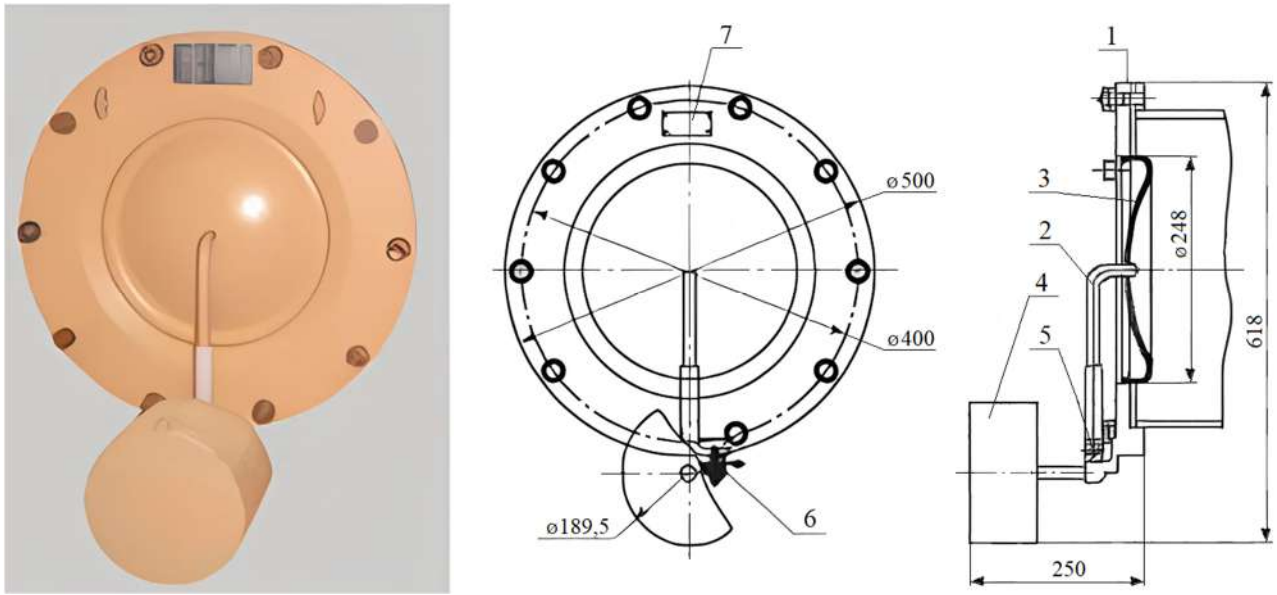
Событие	Время, с
Исходное событие «Разрыв импульсной трубки»	0
Время достижения пика избыточного давления 0,0122 кгс/см^2	0,5
Время достижения пика температуры 50 °С	25 200

Таким образом, максимальное избыточное давление воздуха в помещении АК329/1-3 при разрыве одной импульсной трубки равно 122 Па (0,0122 кгс/см^2).

В 4.5.2 настоящего пособия описаны технические мероприятия по предотвращению выхода радиоактивных веществ в атмосферу при разрыве импульсной трубки в помещениях АК329/1-3, АК335/1-3.

На случай отказа отключающего устройства или разрыве двух и более импульсных трубок рабочей документацией в разделе ТМ (тепломеханическая часть) предусмотрена система выхлопа из помещений КИП с установкой клапанов сбросных Dy 400 Py 0,015.

Общий вид клапана сбросного показан на рис. 6.17.



Условные обозначения: 1 – корпус; 2 – штанга; 3 – тарель; 4 – противовес; 5 – узел поворотный; 6 – стопор; 7 – табличка.

Рисунок 6.17 – Клапан сбросной Dy 400 Py 0,015

Технические характеристики клапана сбросного приведены в таблице 6.5.

Таблица 6.5

Наименование параметра и единица измерения	Значение
Диаметр условного прохода, мм	400
Давление начала открытия, кПа	1,5 ± 0,15
Перепад давления среды, кПа, не более	7,0
Среда рабочая	парогазовая смесь
Температура рабочей среды, °С, не более	100
Масса, кг, не более	50

Принципиальная схема системы выхлопа из помещений КИП показана на схеме системы вентиляции TL27 (рис. 4.13).

Проектные клапаны сбросные установлены только на блоке № 3. На остальных блоках установлены клапаны избыточного давления типа КИД-400 с максимальным перепадом давления на них 200 Па (0,002 кгс/см^2). Таким образом, на блоках № 5, 6 при разрыве импульсной трубки клапаны избыточного давления откроются ранее, чем сработают блокировки на закрытие локализующей арматуры. Парогазовая смесь беспрепятственно выйдет в венттрубу № 1 через систему TL27 и в венттрубу № 2 через систему выхлопа из помещений КИП.

ХИЭП выполнен расчет [183] количества тепла, которое поступает в помещения АК 329/1-3 в режиме «малой течи» и при МПА, отсутствии системы кондиционирования воздуха TL11 и отключенной системе вентиляции TL27.

Расчеты показали, что в режиме «малой течи» температура в помещениях не должна установиться более:

- АК329/1 – 60 °С;
- АК329/2, 3 – 65 °С.

Расчеты также показали, что через 89 минут после МПА в помещениях АК329/2, 3 за счет передачи тепла из гермооболочки через строительные конструкции установится температура воздуха 85 °С. В помещении АК329/1 температура воздуха после МПА не должна установиться более 60 °С.

В настоящее время Запорожской АЭС не по силам восстановление системы выхлопа из помещений КИП и выполнение рекомендаций ХИЭП (см. 4.7.10 настоящего пособия).

6.22 «Чистая» и «грязная» закрытая эстакада.

Между реакторными отделениями блоков и спецкорпусов Запорожской АЭС смонтирована закрытая двухуровневая эстакада:

- «чистая» эстакада – на отм. 13,200 для прохода персонала;
- «грязная» эстакада – на отм. 6,600 для прокладки технологических трубопроводов.

Согласно рабочей документации, вентиляция «чистой» закрытой эстакады была организована по следующему принципу:

- на контурных стенах между коридорами АВ416 и «чистой» закрытой эстакадой были установлены по два КИД-500;
- на системах вентиляции 1TL51D01-D04 и 3TL56 спецкорпусов № 1, 2 были предусмотрены воздуховоды для удаления воздуха из «чистой» закрытой эстакады.

При монтаже КИД-500 были ошибочно установлены наоборот, т.е. для перетока воздуха из «чистой» закрытой эстакады в коридоры АВ416.

Так как коридоры АВ416 и «чистая» закрытая эстакада являются помещениями III категории радиационной опасности, по техническому решению КИД-500 были демонтированы, на проходках установлены сетки.

Принципиальная схема вентиляции «чистой» эстакады показана на рис. 6.18.

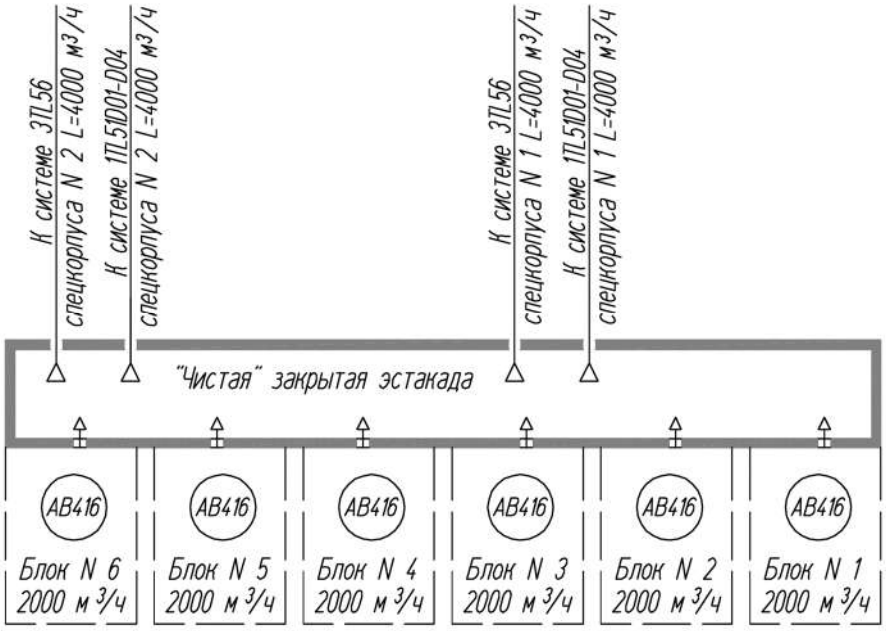


Рисунок 6.18 – Принципиальная схема вентиляции «чистой» эстакады

Согласно рабочей документации, вентиляция «грязной» закрытой эстакады была организована по следующему принципу:

– на контурных стенах между помещениями А318, А328 и «грязной» закрытой эстакадой были установлены КИД-300;

– на системах вентиляции 1TL52D05, D06 спецкорпусов № 1, 2 были предусмотрены воздуховоды для удаления воздуха из «грязной» закрытой эстакады.

Принципиальная схема вентиляции «грязной» эстакады показана на рис. 6.19.

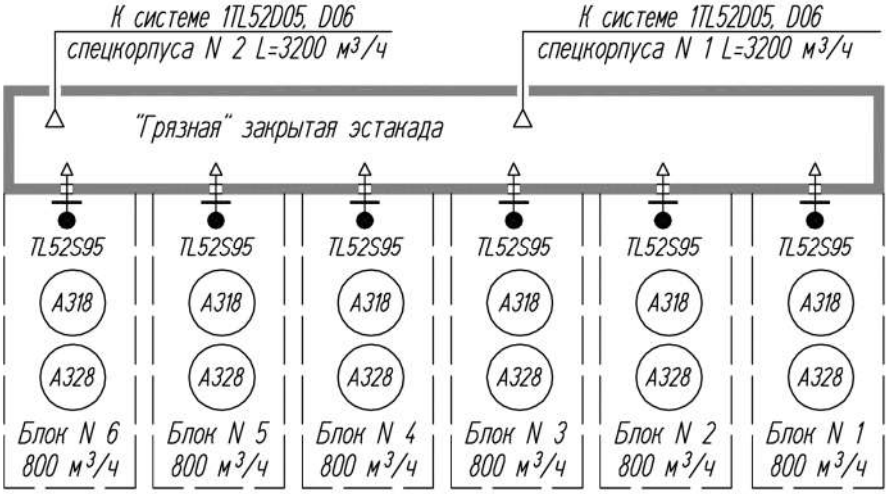


Рисунок 6.19 – Принципиальная схема вентиляции «грязной» эстакады

6.23 Система принудительного сброса давления в гермооболочке

В проекте РУ была рассмотрена максимальная проектная авария (МПА) с разгерметизацией первого контура при мгновенном разрыве трубопровода Ду 850 с беспрепятственным двухсторонним истечением теплоносителя при работе реактора на номинальной мощности.

Строительные конструкции герметичного объема рассчитаны на сочетание нагрузок при ПЗ с максимальными параметрами под оболочкой, достигаемыми при МПА [давление среды 0,5 МПа (абс.), температура среды 150 °С].

Дальнейшие исследования показали, что при авариях, связанных с разрывом первого контура, включая МПА, в защитной оболочке образуется в значительных количествах водород, который при достижении определенной концентрации может воспламеняться или взрываться.

Взрыв водородосодержащей смеси опасен возможностью разрушения строительных конструкций защитной оболочки вследствие увеличения давления в защитной оболочке до (1,0–1,2) МПа [(10–12) кгс/см^2], которое значительно превышает расчетное давление 0,5 МПа (5 кгс/см^2).

Авария на АС Фукусима (11 марта 2011 г.) показала необходимость внедрения на блоках АС систем принудительного сброса давления (СПСД) из защитной оболочки, назначением которых является:

– предотвращение недопустимого увеличения давления в гермообъеме РО (контейнменте) сверх пределов безопасной эксплуатации для системы герметичного ограждения в результате осуществления управляемого сброс парогазовой среды из ЗЛА;

– частичный отвод энергии остаточного энерговыделения в окружающую среду;

– вентиляция контейнмента (при ликвидации последствий аварии).

На 93 блоках АС Европы внедрены СПСД, которые можно разделить на три группы:

– СПСД с основным песочным фильтром (на 58 блоках);

– СПСД, в которых в качестве основного фильтра применен скруббер «Вентури» (на 28 блоках);

– СПСД, в которых применен метод сухой фильтрации, в качестве основного фильтра применяется цеолитовый фильтр (на 7 блоках).

На блоках Запорожской АЭС внедрены системы контроля водорода в защитной оболочке с выводом информации на БПУ, смонтированы автокаталитические рекомбинаторы водорода в гермооболочке и СПСД со скрубберами «Вентури». Забор парогазовой смеси из гермооболочки производится через локализующую арматуру TL42S03 (см. рис. Е.1, Е.2).

От специалиста в области систем вентиляции и кондиционирования воздуха достаточно знать, что:

– температура парогазовой смеси, сбрасываемой через СПСД, находится в пределах от 140 °С до 250 °С, т.е. для ее очистки фильтрующие материалы, применяемые для изготовления аэрозольных фильтров и адсорберов угольных, непригодны;

– для недопущения возникновения дефлаграционного горения водорода соотношения концентраций газов в трехкомпонентой смеси должны быть такими, чтобы исключить попадание параметров парогазовой смеси в область дефлаграции или детонации по рис. 6.20;

– концентрационные пределы дефлаграции и детонации водородосодержащей смеси иллюстрируются треугольной диаграммой «Шапиро-Моффетти» (см. рис. 6.20).

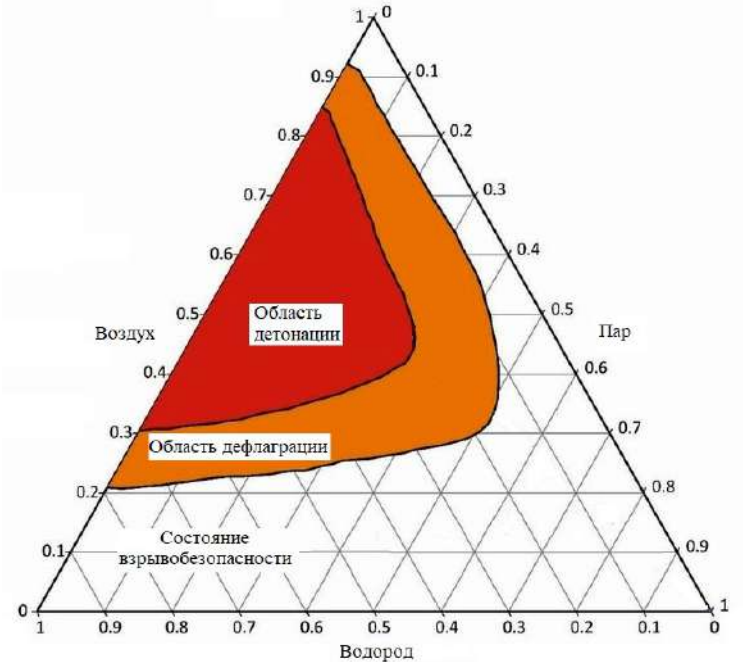


Рисунок 6.20 – Треугольная диаграмма «Шапиро-Моффетти»

7 Отступления от требований нормативной документации, причины и последствия

7.1 Отступления от требований общих положений обеспечения безопасности

7.1.1 Расположение в одних помещениях оборудования систем кондиционирования воздуха каналов СБ и СНЭ

На блоках № 1, 2 согласно рабочей документации автономные кондиционеры систем кондиционирования воздуха UV09 (II и III каналов СБ) и UV10 размещены:

– в помещении АВ734/1 – UV09D08-D10 и UV10D06;

– в помещении АВ734/3 – UV09D05-D07 и UV10D01-D03.

При этом нарушены требования НД: в одних помещениях установлено оборудование, входящее в состав СБ, и оборудование СНЭ.

По причине практической невозможности доступа к автономным кондиционерам для обслуживания и ремонта (см. 8.7 настоящего пособия) в помещениях АВ734/1, 3 были демонтированы рециркуляционные воздуховоды систем UV09 и UV10, при этом помещения II и III каналов СБ и помещения с оборудованием СНЭ стали сообщаться по воздуху.

При модернизации систем кондиционирования воздуха на блоке № 1 в помещении АВ734/3 была построена перегородка и выделено помещение АВ734/5, автономные кондиционеры системы UV09 (II и III каналов СБ) и UV10 на блоке № 1 размещены:

– в помещении АВ734/1 – UV09D08-D10;

– в помещении АВ734/2 – UV10D04-D06;

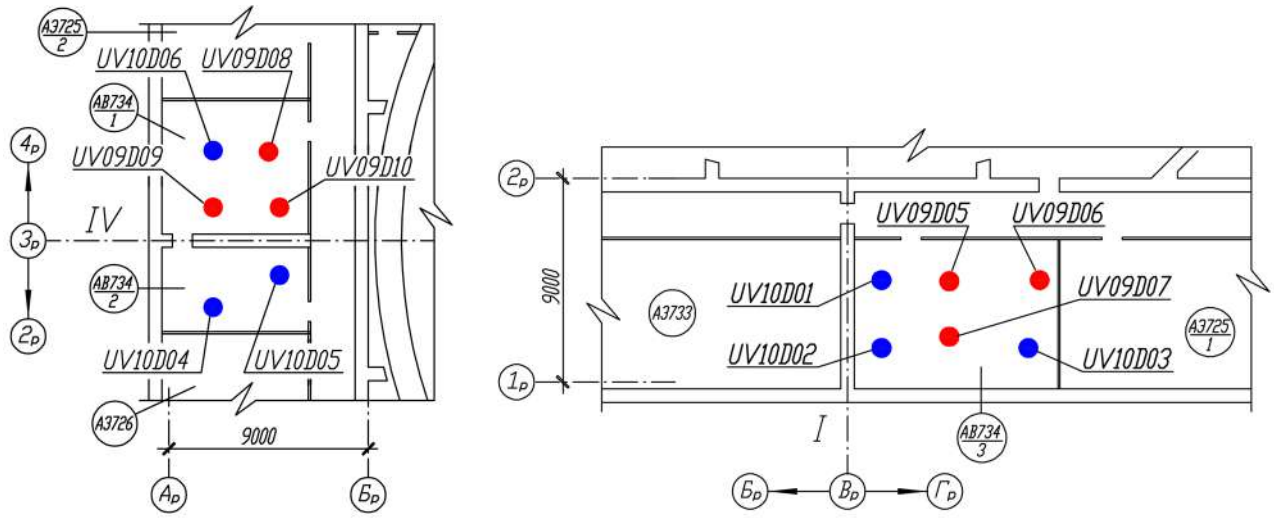
– в помещении АВ734/3 – UV09D05-D07;

– в помещении АВ734/5 – UV10D01-D03.

Планы-схемы размещения оборудования показаны:

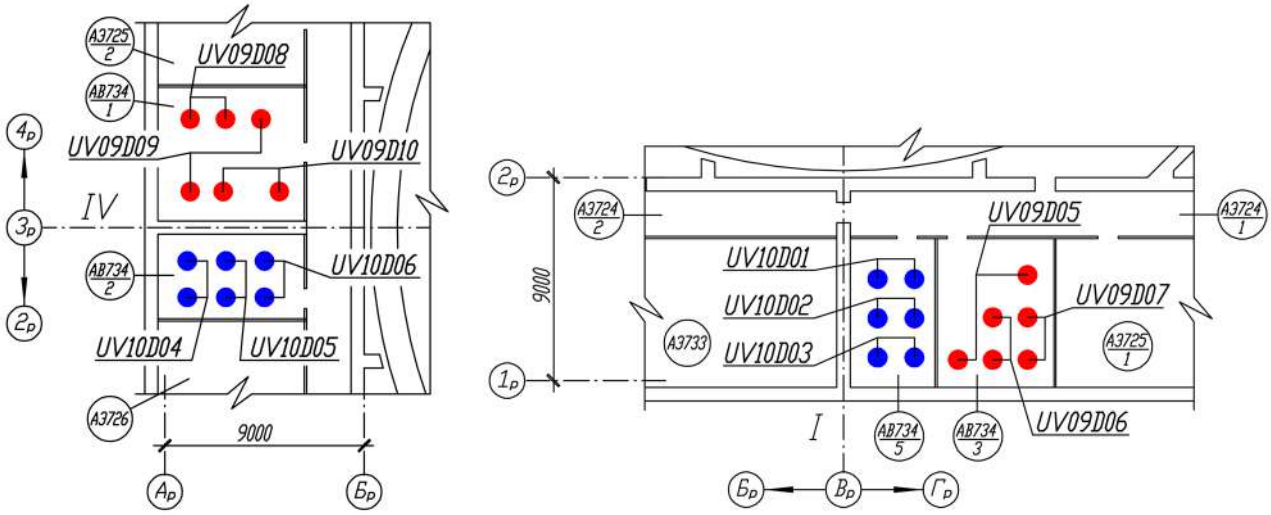
– в помещениях АВ734/1-3 блоков № 1, 2 до модернизации – на рис. 7.1;

– в помещениях АВ734/1-3, 5 блока № 1 после модернизации – на рис. 7.2.



Условные цвета для функций оборудования: красный – СБ; синий – СНЭ.

Рисунок 7.1 – Планы-схемы размещения оборудования
в помещениях АВ734/1-3 блоков № 1, 2 до модернизации



Условные цвета для функций оборудования: красный – СБ; синий – СНЭ.

Рисунок 7.2 – План-схема размещения оборудования
в помещениях АВ734/1-3, 5 блока № 1 после модернизации

7.1.2 Расположение в одних помещениях оборудования систем кондиционирования воздуха различных каналов СБ

На блоках № 1-6 в соответствии с рабочей документацией автономные кондиционеры систем кондиционирования воздуха UV02D01, D02 и UV01D01 размещены в одном помещении:

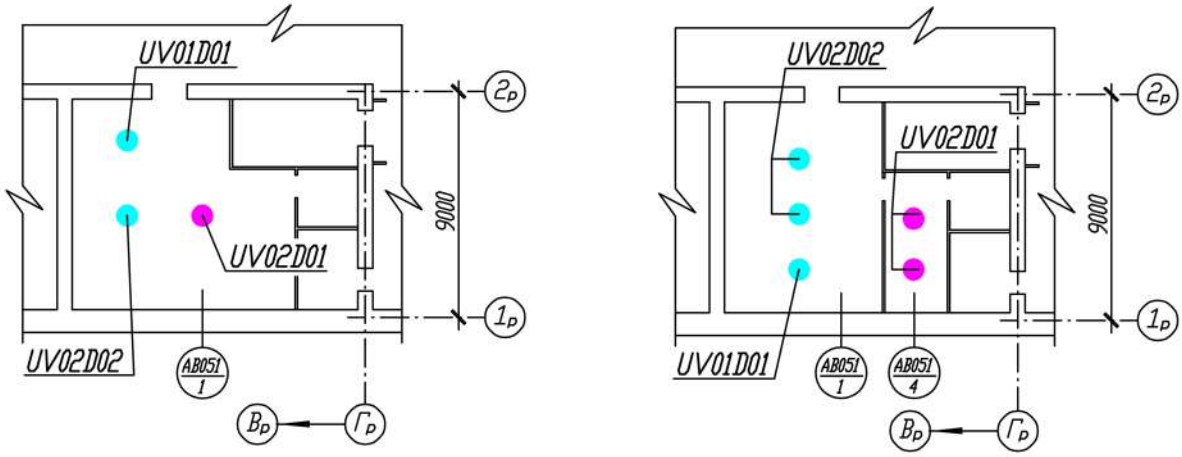
– UV01D01 и UV02D02 – входят в I канал СБ;

– UV02D01 – входит во II канал СБ.

Чем нарушены требования НД.

При модернизации систем кондиционирования воздуха на блоках № 1, 3, 4 в помещении АВ051/1 была построена перегородка и выделено помещение АВ051/4, в котором размещены автономные кондиционеры UV02D01А и UV02D01Б.

Планы-схемы размещения оборудования показаны на рис. 7.3.



а) до модернизации б) после модернизации

Условные цвета для каналов СБ: голубой – I; фиолетовый – II.

Рисунок 7.3 – План-схема размещения оборудования
в помещениях АВ051/1, 4 блоков № 1, 3, 4

7.2 Отступления от требований правил радиационной безопасности

7.2.1 Объединение воздуховодами вентиляционных систем помещений, различных по категории обслуживания

В соответствии с требованиями [3] (см. 2.23 настоящего пособия), в ЗКД не допускается объединение воздуховодами вентиляционных систем помещений, различных по категории обслуживания (необслуживаемые, периодически обслуживаемые, постоянного пребывания персонала).

На момент ввода блоков в эксплуатацию это требование выполнялось.

А в процессе эксплуатации категория обслуживания помещений ЗКД время от времени изменяется по причинам:

- изменения назначения помещений на основании технических решений;
- результатов измерений радиационной обстановки в помещениях.

ЦРБ периодически разрабатывает и вводит в действие перечни помещений по категориям обслуживания ЗКД и альбомы радиационной обстановки в помещениях.

Рассмотрим выборочно фрагменты эксплуатационных схем систем TL23 и TL25, показанные на рис. 3.6 и рис. 3.7 соответственно, в части категорий обслуживания помещений ЗКД, результаты приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1

Обозначение помещения	Наименование помещения	Категория обслуживания помещения, обслуживаемого системой вентиляции	
		TL23	TL25
А026	Помещение монжюса боросодержащей воды	I	–
А027/1-3	Вентильные камеры установки СВО-2	I	–
АК028	Помещение КИП СВО	–	II
А030/1-3	Помещения насосов организованных протечек	II	–
А034	Помещение насосов борного концентрата	II	–
А039	Помещение ремонта оборудования	–	III
АК042/1-3	Системные помещения радиационного контроля негерметичной зоны	–	II
А045	Мастерская	–	III

Для выполнения требований [3] необходимо вместо двух вытяжных систем вентиляции иметь три, чтобы каждая система обслуживала помещения одной категории обслуживания, что невозможно по причинам:

- вытяжной системы вентиляции, обслуживающей только помещения фундаментной части I категории обслуживания, не существует;
- монтаж дополнительных воздуховодов на действующих блоках крайне сложен;
- воздуховоды систем вентиляции TL23 и TL25, обслуживающие помещения на отм. -4,200 и 6,600, проложены в теле фундаментных плит, т.е. их перемонтаж невозможен;
- категории обслуживания помещений со временем могут измениться.

Таким образом, наличие отступления от требований [3] в части объединения воздуховодами вентиляционных систем помещений, различных по категории обслуживания, является неизбежным и устранению не подлежит.

7.2.2 Невозможность поддержания нормируемой скорости движения воздуха в открываемых проемах периодически обслуживаемых помещений

В 10.34 [3] записано: «Системы вытяжной вентиляции при ремонтных работах должны обеспечивать в открываемых проемах периодически обслуживаемых помещений и необслуживаемых помещений, не рассчитанных на давление, скорость удаляемого воздуха не менее 0,3 м/с».

Выполним расчет расхода вытяжного воздуха из помещений, при котором данное требование выполняется, при размере проема (0,8х2,0) м:

$$L \geq 3600 \times F \times v = 3600 \times 1{,}6 \times 0{,}3 = 1728 \text{ м}^3/\text{ч} \qquad (7.1)$$

где F – площадь открытого проема, м^2;

v – нормируемая скорость движения воздуха в проеме, м/с.

В таблице 7.2 приведены значения (выборочно) расхода воздуха, удаляемого системой TL23 из помещений I и II категории радиационной опасности ЗКД.

Таблица 7.2

Номер помещения	Наименование помещения	Расход вытяжного воздуха, м^3/ч	Примечание
А024	Помещение насосов боросодержащей воды	250	
А025	«Грязный» трубопроводный коридор	200	
А034	Помещение насосов борного концентрата	300	

Далее можно не продолжать, видно, что даже при переводе системы TL23 в ремонтный режим расхода вытяжного воздуха будет недостаточно для выполнения требований санитарных норм.

Таким образом, наличие отступления от требований 10.34 [3] в части поддержания нормируемой скорости движения воздуха в открываемых проемах периодически обслуживаемых помещений является неизбежным и устранению не подлежит.

7.2.3 Невозможность поддержания нормируемого разрежения в помещениях ЗКД I и II категории радиационной опасности в обстройке

В 10.14 [3] указано:

«В необслуживаемых помещениях, не рассчитанных на давление, и периодически обслуживаемых помещениях системы вентиляции должны поддерживать разрежение не менее 50 Па (5 кгс/м^2)».

По причине неправильного подбора КИД (см. 8.3.8 настоящего пособия) в помещениях ЗКД I и II категории радиационной опасности в обстройке невозможно поддерживать нормируемое значение разрежения.

При настройке КИД по [184] на перепад давления воздуха 5 кгс/м^2 периодически открываются и закрываются, при этом изнашиваются иглы и уплотнительные манжеты.

Устранение данного отступления возможно путем замены КИД по [184] на КИД, изготовленные по ТУ [185] или аналогичные.

7.3 Отступления от требований правил пожарной безопасности

7.3.1 Системы вентиляции помещений АБ

На момент начала проектирования блоков Запорожской АЭС согласно [186] для взрывоопасных, но не пожароопасных помещений, к которым относились помещения АБ, была установлена категория пожарной опасности Е, в 1986 году нормами [187] категория пожарной опасности Е была отменена, с того времени помещениям АБ и вытяжных венткамер из помещений АБ присваивалась категория пожарной опасности А.

В 3.10 настоящего пособия показаны принципиальные схемы систем вентиляции помещений АБ, различия в устройстве систем вентиляции помещений АБ на различных блоках приведены в таблице 3.1 настоящего пособия.

Для приведения систем вентиляции помещений АБ на блоках № 1, 2 к требованиям действующих НД необходимо:

– устройство противопожарных тамбуров-шлюзов у помещений вытяжных венткамер из помещений АБ;

– устройство отдельных приточных систем вентиляции для подачи воздуха в противопожарные тамбуры-шлюзы;

– устройство естественных систем вытяжной вентиляции из помещений вытяжных венткамер из помещений АБ.

На действующих блоках выполнение указанных мероприятий крайне сложно, значит, до модернизации систем вентиляции помещений АБ следует эксплуатировать их с отступлениями от НД.

7.3.2 Системы вентиляции вытяжных венткамер из помещений категории взрывопожарной и пожарной опасности В

С 1986 года помещения для оборудования вытяжных систем вентиляции стали относиться к категориям взрывопожарной и пожарной опасности помещений, которые они обслуживают.

На блоках № 1, 2 вентиляция указанных вытяжных венткамер обеспечивалась общеобменными системами вентиляции без установки на воздуховодах противопожарных клапанов. При установке противопожарных клапанов на системах вентиляции блоков № 1, 2 на воздуховодах системы TL25 они не предусматривались.

Фрагмент принципиальной схемы TL25 блоков № 1, 2 показан на рис. 7.4.

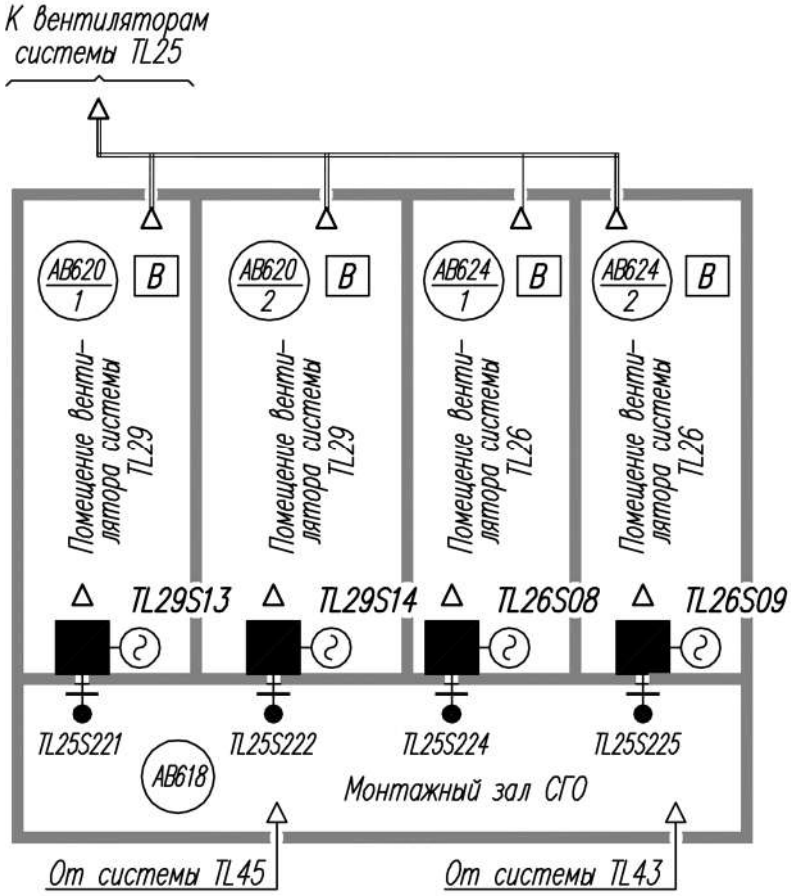


Рисунок 7.4 – Фрагмент принципиальной схемы TL25 блоков № 1, 2

На блоках № 3-6 вентиляция вытяжных венткамер категории взрывопожарной и пожарной опасности обеспечивалась, как правило, установленными в них вентиляторами.

Фрагмент принципиальной схемы TL26 блоков № 3-6 показан на рис. 7.5.

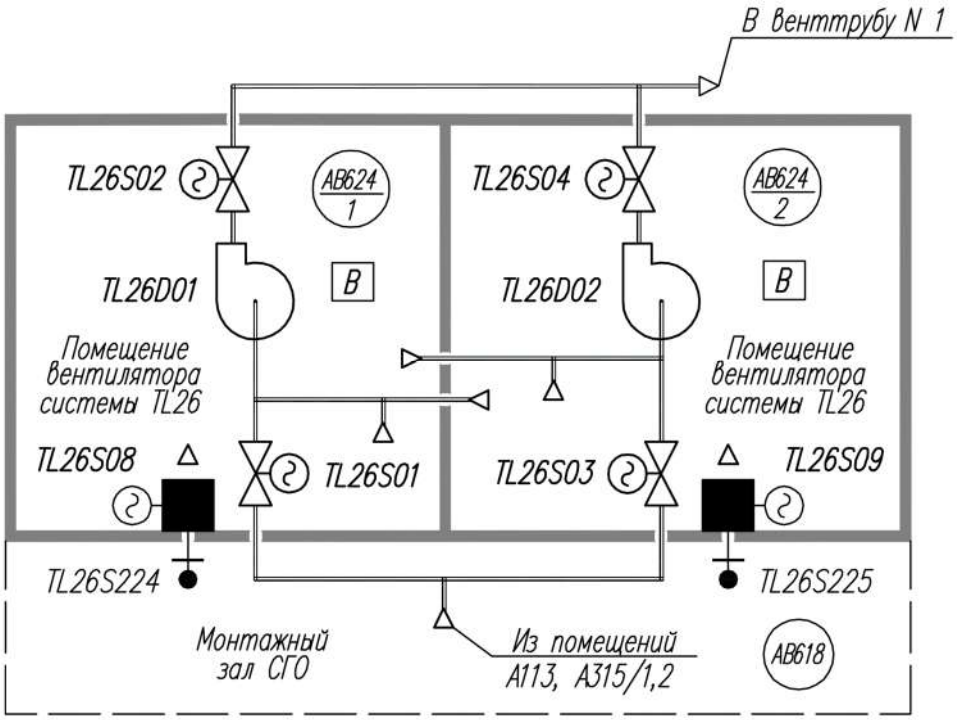


Рисунок 7.5 – Фрагмент принципиальной схемы TL26 блоков № 3-6

На действующих блоках доведение систем вентиляции указанных вытяжных венткамер до требований НД крайне сложно, следует эксплуатировать их с отступлениями от НД.

7.3.3 Удаление газов и дыма после пожара из помещений с АУГП

В 2.7 приведены требования нормативных документов к системам вентиляции для удаления газов и дыма после пожара из помещений с АУГП.

В рабочей документации на устройство АУГП для удаления газов и дыма после пожара были предусмотрены переносные вентиляторы марки РСС 10/10-П2 производства ПАО «Завод «Экватор» с техническими характеристиками:

- расход воздуха – 1000 м^3/ч;
- полное давление вентилятора – (840±49) Па;
- мощность электродвигателя – 0,75 кВт.

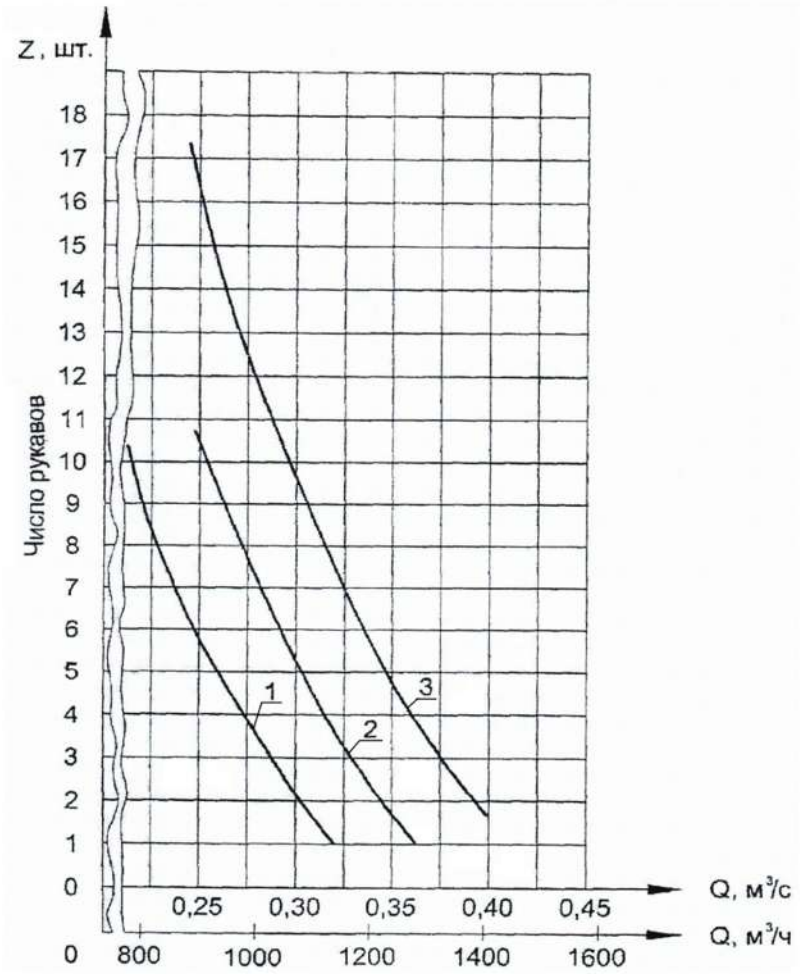
Рассмотрим возможность выполнения требований [49] при использовании переносных вентиляторов марки РСС 10/10-П2 для удаления газов и дыма после пожара из помещений с АУГП, результаты показаны в таблице 7.3.

Значения расхода удаляемого воздуха приняты:

- расчетное – для обеспечения требований [49];
- из верхней зоны – проектное общеобменной вентиляции (после снятия блокировок АПС);
- из нижней зоны – разность значений расчетного расхода воздуха и расхода воздуха, удаляемого из верхней зоны, но не менее 800 м^3/ч;
- вентилятора РСС 10/10-П2 – согласно рис. 7.6 при количестве присоединенных рукавов на всасывании и нагнетании.

Количество присоединенных рукавов на всасывании и нагнетании вентилятора принято из условия выброса воздуха за пределы РО на отм. 0,000.

График зависимости расхода воздуха от количества присоединенных рукавов длиной 4 м на основании приложения Б [188] показан на рис. 7.6.



Условные обозначения: 1 – рукава на всасывании, 2 – рукава на нагнетании.

Рисунок 7.6 – График зависимости расхода воздуха от количества рукавов

Таблица 7.3

Номер помещения	Объем помещения, м³	Расход удаляемого воздуха, м³/ч				Кол-во рукавов	
		расчетный	из верхней зоны	из нижней зоны	вентилятора РСС 10/10-П2	на всасывании	на нагнетании
АЭ052	360	1440	0	1440	850	6	0
АЭ408/1	510	2040	2400	800	800	5	5
АЭ408/2	580	2320	1800	520	800	5	5
АЭ408/3	465	1860	2400	800	800	5	5
АЭ726	370	1480	1350	720	менее 800	2	8
АЭ733	415	1660	1500	800	менее 800	6	8

Из таблицы 7.3 можно сделать вывод, что переносные вентиляторы РСС 10/10-П2 пригодны для удаления газов и дыма после пожара из всех помещений с АУГП, кроме помещения АЭ052.

Недостаточный расход воздуха, удаляемого из помещения АЭ052, отсутствие вентиляции, удаляющей воздух из верхней зоны этого помещения и отсутствие приточной системы вентиляции для компенсации удаляемого воздуха (до монтажа аварийной приточной системы вентиляции РПУ, см. 4.8.5 настоящего пособия) являются отступлениями от требований НД.

7.4 Невозможность доступа к оборудованию без нарушения правил охраны труда

Для примера рассмотрим компоновку оборудования и воздуховодов в помещении АВ913А, показанную на рис. 7.7.

Вход в помещение АВ913А осуществляется из холла А924А. Доступа к электроприводам локализующей арматуры TL21S14, S15; локализующей арматуре TL42S01, S02 и аэрозольным фильтрам TL42N01, N02 перекрыл воздуховод D=1400 мм. Обратите внимание на то, что при значениях отметки пола помещения АВ913А – 33,600; потолка – 36,000 расстояние от пола до низа указанного воздуховода 350 мм, от верха указанного воздуховода до потолка 650 мм.

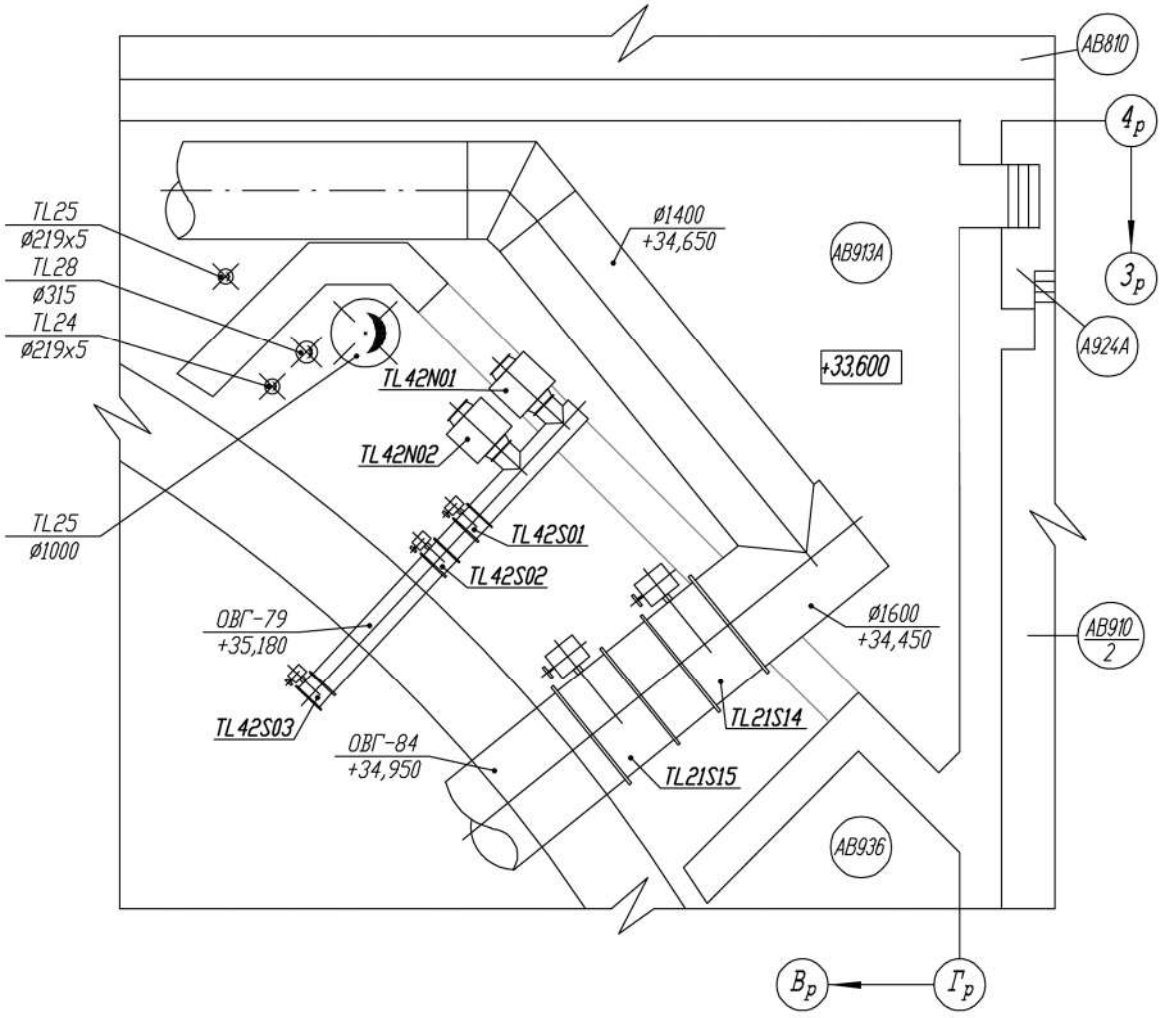


Рисунок 7.7 – Компоновка оборудования и воздуховодов в помещении АВ913А

Конечно, был найден выход из положения – по чертежу ГРП был выполнен люк на отм. 36,600 и лестница на отм. 33,600. А на блоке № 6 аэрозольные фильтры TL42N01, N02 по чертежу ГРП были перенесены на отм. 36,600, между ними и локализующей арматурой TL42S01 был смонтирован трубопровод 426х9 мм.

8 Оборудование для систем вентиляции и кондиционирования воздуха

8.1 Вентиляторы

8.1.1 Вентиляторы дутьевые ВДНА-15 и вентиляторы мельничные ВМА-15

Для блоков № 1, 2 применение на системах охлаждения гермооболочки вентиляторов дутьевых ВДНА-15 и вентиляторов мельничных ВМА-15 было вынужденным, т.к. промышленность не успевала поставить на производство вентагрегаты сейсмостойкие ВДНА-нж-15с.

Основными элементами конструкции вентилятора являются: рабочее колесо, ходовая часть, улитка, всасывающий патрубок, осевой направляющий аппарат и рама ходовой части.

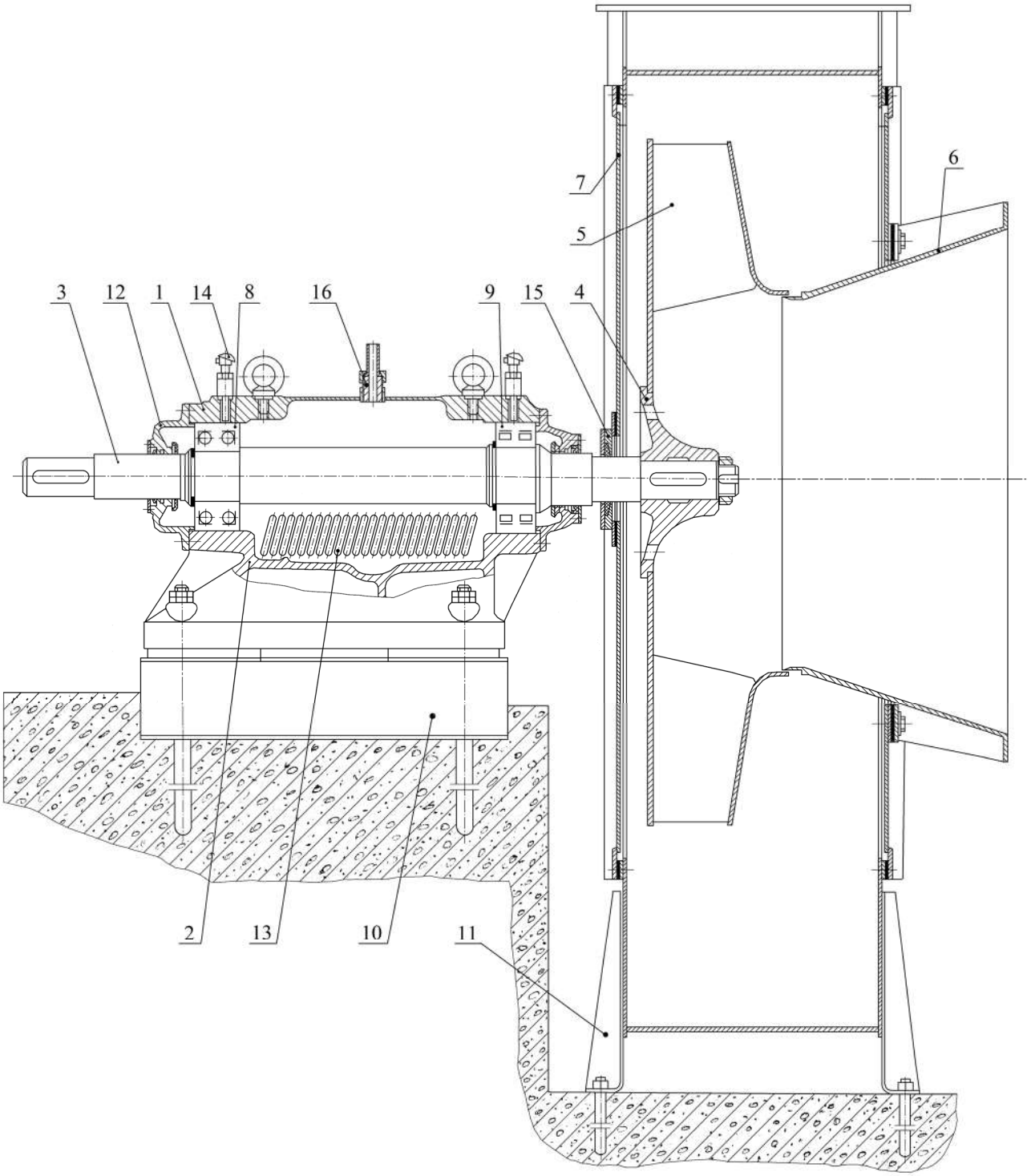
Рабочее колесо представляет собой сварную конструкцию, состоящую из крыльчатки и ступицы. Крыльчатка имеет 16 листовых загнутых назад рабочих лопаток, расположенных между основным и покрывающим коническим дисками.

Крыльчатка в сборе со ступицей крепится на валу ходовой части с помощью шпонки, стопорной шайбы и гайки. Ходовая часть разъемная, картерного типа с масляной ванной. Ходовая часть соединяется с валом электродвигателя муфтой упругой втулочно-пальцевой. На задней стенке улитки предусмотрено уплотнение, предотвращающее прорыв перемещаемой среды в окружающую среду. Вентиляторы покрываются радиационностойким материалом.

Рама ходовой части вентиляторов представляет собой сварную конструкцию из листовой профильной стали. Ходовая часть и ограждение муфты монтируются на раме с помощью болтов, рама крепится к общему фундаменту анкерными болтами. Улитка вентилятора устанавливается опорами непосредственно на общий фундамент и крепится к нему анкерными болтами.

Для контроля температуры наружных колец подшипников предусмотрена установка термопреобразователей сопротивления. Для контроля уровня масла в ходовой части предусмотрены встроенные датчики уровня поплавкового типа с микропереключателями.

Общий вид вентиляторов ВДНА-15, ВМА-15 показан на рис. 8.1.



Условные обозначения: 1 – крышка; 2 – картер; 3 – вал; 4 – ступица; 5 – крыльчатка; 6 – всасывающий патрубок; 7 – улитка; ; 8 – шарикоподшипник; 9 – роликоподшипник; 10 – рама ходовой части; 11 – опора; 12 – крышка подшипниковая; 13 – змеевик; 14 – термопреобразователь сопротивления; 15 – уплотнение; 16 – штуцер заправочный.

Рисунок 8.1 – Вентиляторы ВДНА-15, ВМА-15
без электродвигателей, муфты и ограждения

Аэродинамическая характеристика вентилятора ВДНА-15 показана на рис. 8.2, вентилятора ВМА-15 – на рис. 8.3.

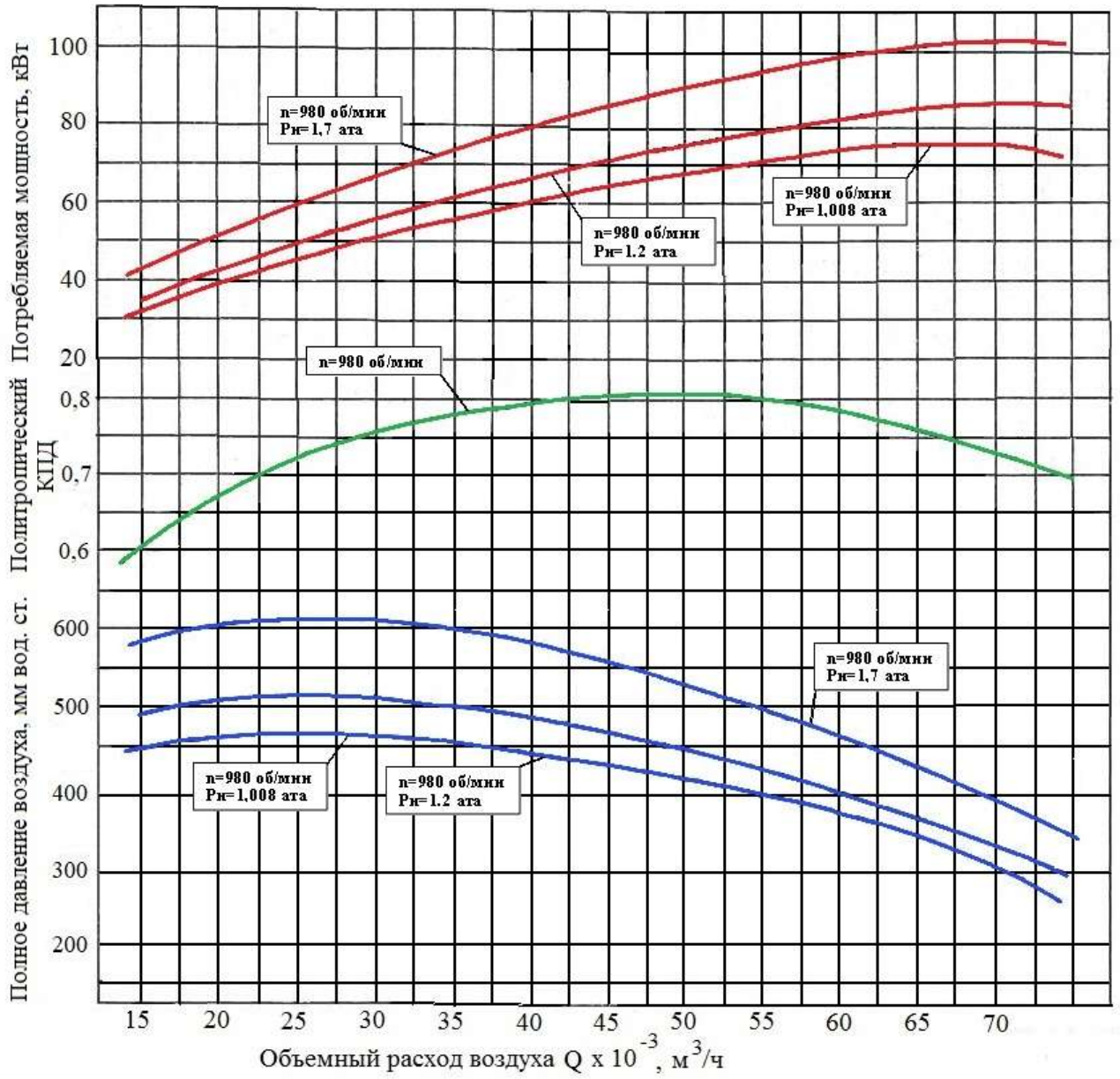


Рисунок 8.2 – Аэродинамическая характеристика вентилятора ВДНА-15

Марки вентиляторов и электродвигателей на системах охлаждения гермооболочки блоков № 1, 2 приведены в таблице 8.1.

Таблица 8.1

Система	Марки вентиляторов и электродвигателей
TL01, TL04, TL05	Вентилятор дутьевой ВДНА-15 с электродвигателем АО3-355-S6Т3 N = 132 кВт; n = 1 000 об/мин
TL02, TL03	Вентилятор мельничный ВМА-15 с электродвигателем АО3-315-S6Т3 N = 90 кВт; n = 1 000 об/мин

Так как вентиляторы систем охлаждения гермооболочки должны работать при давлении среды в гермооболочке не более 1,2 кгс/см^2 (абс.), максимальная потребляемая мощность электродвигателями по рис. 8.2 и 8.3:

– электродвигателей АО3-355-S6Т3 (на системах TL01, TL04) – 82 кВт;

– электродвигателей АО3-315-S6Т3 (на системе TL02) – 40 кВт.

Указанные значения потребляемой мощности пригодились при разработке ТЗ на электродвигатели для модернизации вентиляторов гермооболочки на блоках № 1, 2.

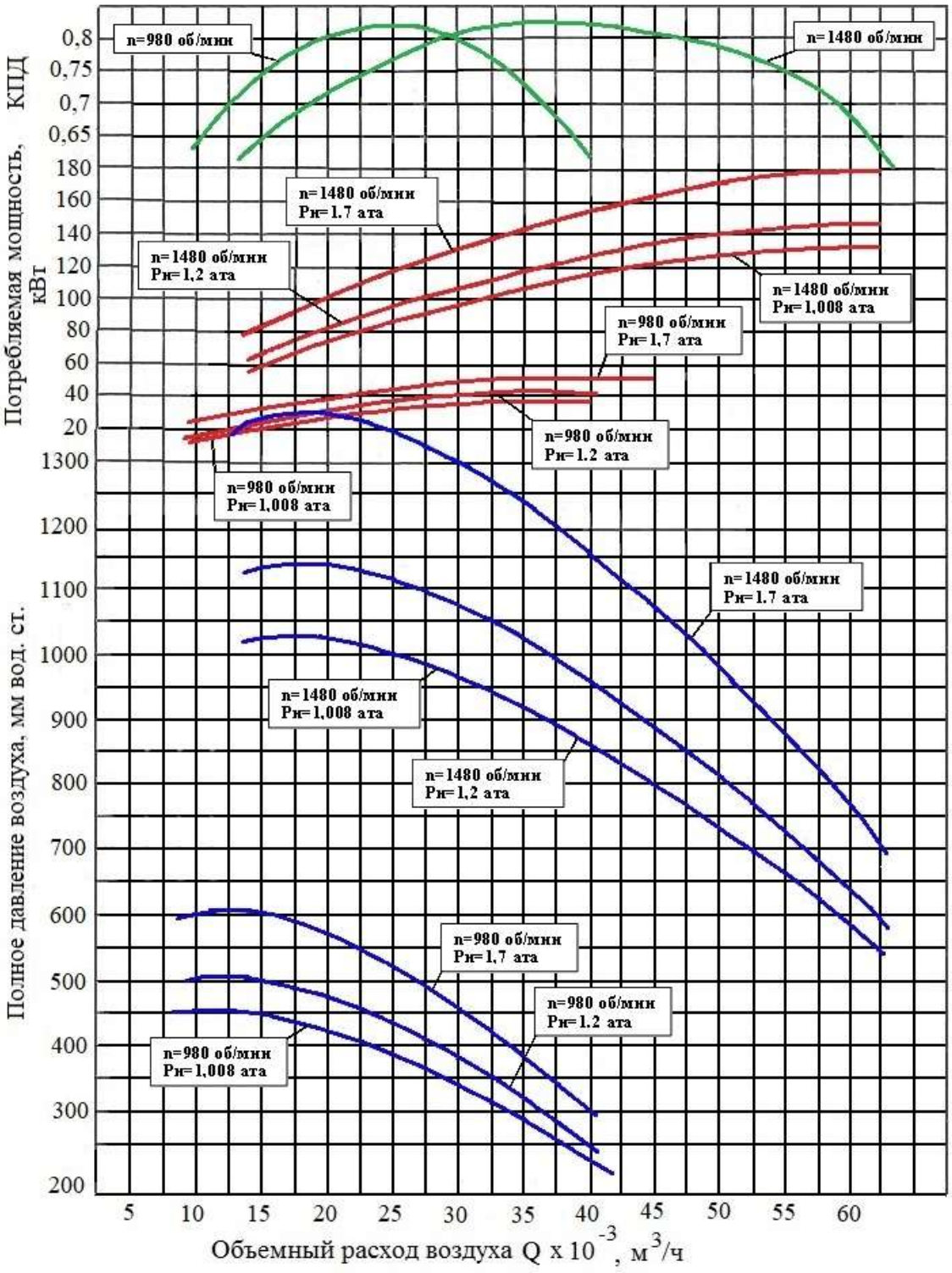


Рисунок 8.3 – Аэродинамическая характеристика вентилятора ВМА-15

8.1.2 Агрегаты вентиляторные сейсмостойкие ВДНА-нж-15с

На блоках № 3-6 на системах охлаждения гермооболочки установлены сейсмостойкие вентиляторы ВДНА-нж-15с.

Основными узлами вентилятора являются: рабочее колесо, ходовая часть, улитка, всасывающий патрубок, осевой направляющий аппарат и фундаментная рама.

Рабочее колесо представляет собой сварную конструкцию.

Ходовая часть состоит из вала; подшипников, расположенных в общем корпусе, имеющих горизонтальный разъем; муфты упругой втулочно-пальцевой, соединяющей вал вентилятора непосредственно с валом электродвигателя.

Смазка подшипников ходовой части – картерного типа, осуществляется маслом, находящимся в полости корпуса подшипников (масляная ванна). В масляной ванне для охлаждения масла установлен змеевик, через который циркулирует техническая вода.

Улитка вентилятора – сварной конструкции, из листовой и профильной стали. Улитка вентилятора устанавливается на фундаментную раму № 1 с помощью двух опор, которые привариваются к торцевым стенкам улитки. Опоры прикрепляются к раме с помощью болтов.

Фундаментная рама представляет собой сварную конструкцию из листовой и профильной стали и служит для монтажа в единый постановочный блок электродвигателя, ограждения муфты, ходовой части в сборе с рабочим колесом, улитки в сборе с осевым направляющим аппаратом и опоры под осевой направляющий аппарат. Рама крепится к общему фундаменту анкерными болтами.

Основные элементы вентилятора (улитка, рабочее колесо, осевой направляющий аппарат и опора направляющего аппарата) выполнены из нержавеющей стали. Остальные элементы вентилятора (ходовая часть, фундаментная рама, ограждение муфты и вал) выполнены из конструкционной стали, открытые части покрыты в два слоя органосиликатным материалом.

Для контроля температуры наружных колец подшипников предусмотрена установка термопреобразователей сопротивления. Для контроля уровня масла в ходовой части предусмотрены выносные датчики уровня ПРУ-5М.

Аэродинамическая характеристика вентиляторного агрегата ВДНА-нж-15с приведена на рис. 8.4, общий вид вентилятора ВДНА-нж-15с показан на рис. 8.5.

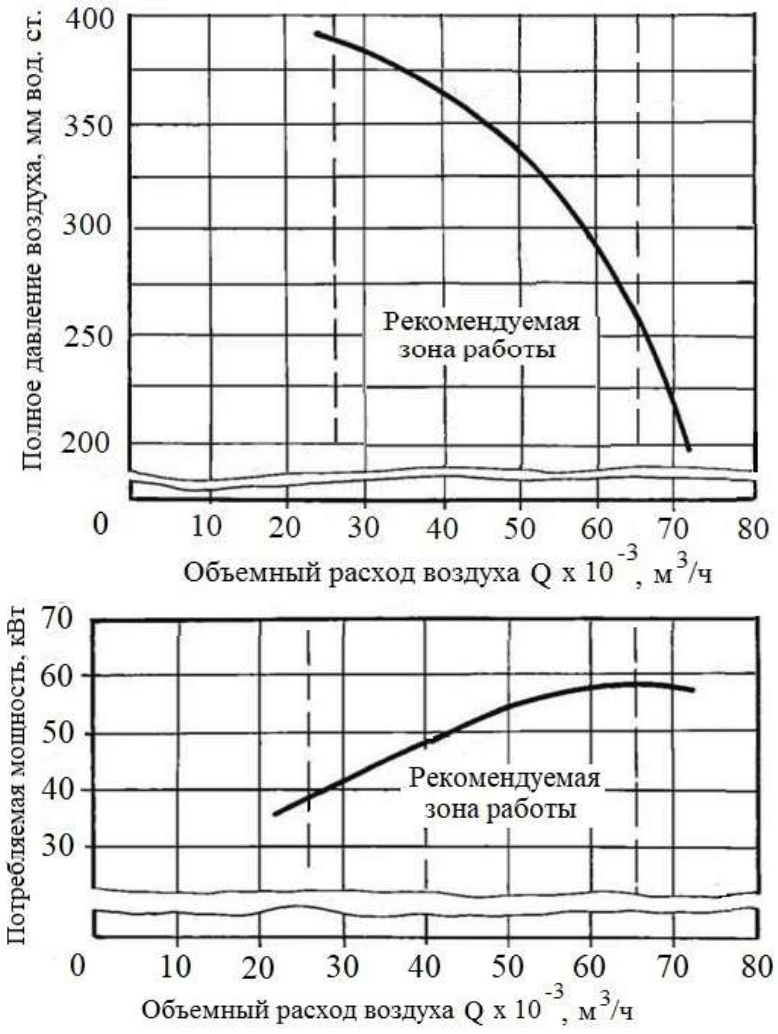
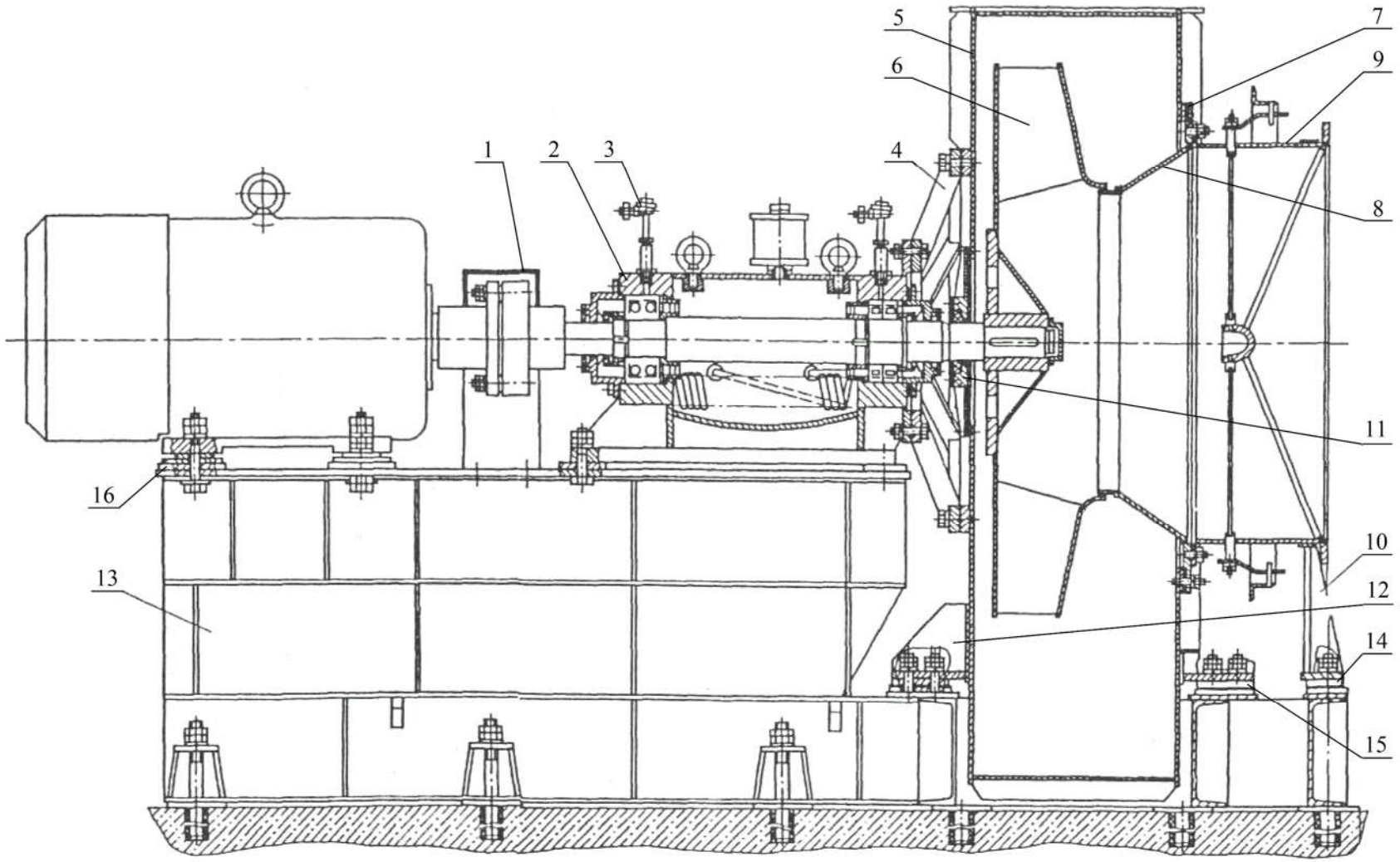


Рисунок 8.4 – Аэродинамическая характеристика вентиляторного агрегата ВДНА-нж-15с

Максимальная потребляемая мощность электродвигателями вентиляторов по рис. 8.4 – 58 кВт.



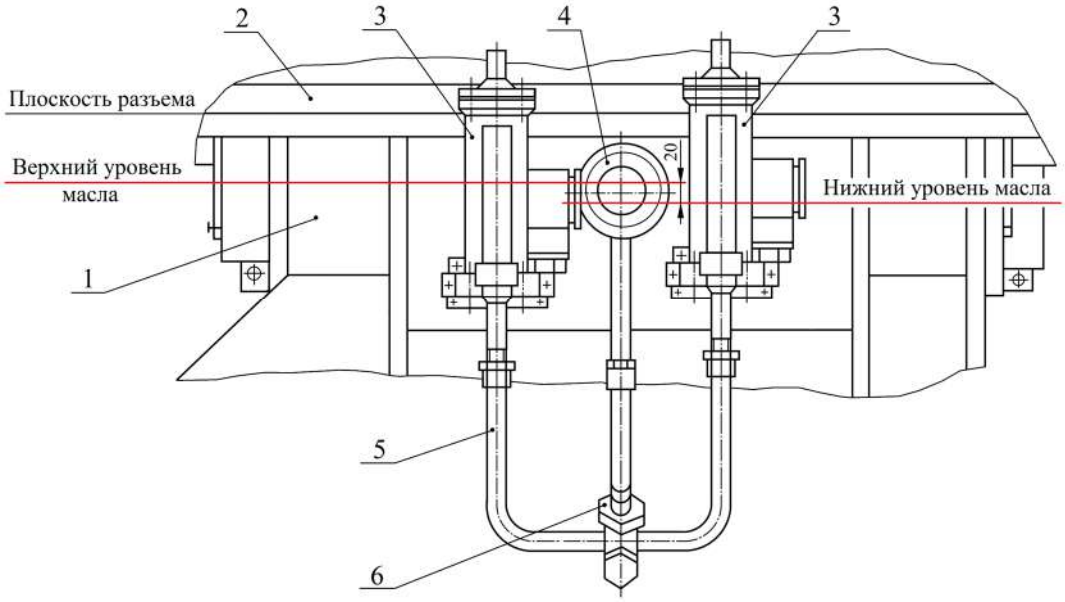
Условные обозначения: 1 – ограждение муфты; 2 – ходовая часть; 3 – термопреобразователь сопротивления; 4 – опорный элемент; 5 – улитка; 6 – рабочее колесо; 7 – съемная диафрагма; 8 – всасывающий патрубок; 9 – осевой направляющий аппарат; 10 – опора осевого направляющего аппарата; 11 – уплотнение; 12 – опора улитки; 13 – фундаментная рама; 14 и 15 – прокладки; 16 – установочная плита.

Рисунок 8.5 – Центробежный вентиляторный агрегат ВДНА-нж-15с

У вентиляторов ВДНА-нж-15с имеются следующий конструктивный недостаток – неработоспособность датчиков уровня масла в ходовой части (по паспорту вентилятора разность верхнего и нижнего уровня масла равна 20 мм, а у датчиков уровня типа ПРУ-5М допускаемая погрешность ± 35 мм).

Примечание – На вентиляторах ВДНА-15, ВМА-15 применены встроенные датчики уровня поплавкового типа с микропереключателями, замечаний к ним не было.

Схема установки датчиков уровня масла на вентиляторе ВДНА-нж-15с приведена на рис. 8.6.



Условные обозначения: 1 – картер; 2 – крышка; 3 – преобразователи первичные; 4 – смотровое стекло; 5 – трубки; 6 – коллектор со сливной пробкой.

Рисунок 8.6 – Схема установки датчиков уровня масла на вентиляторе ВДНА-нж-15с

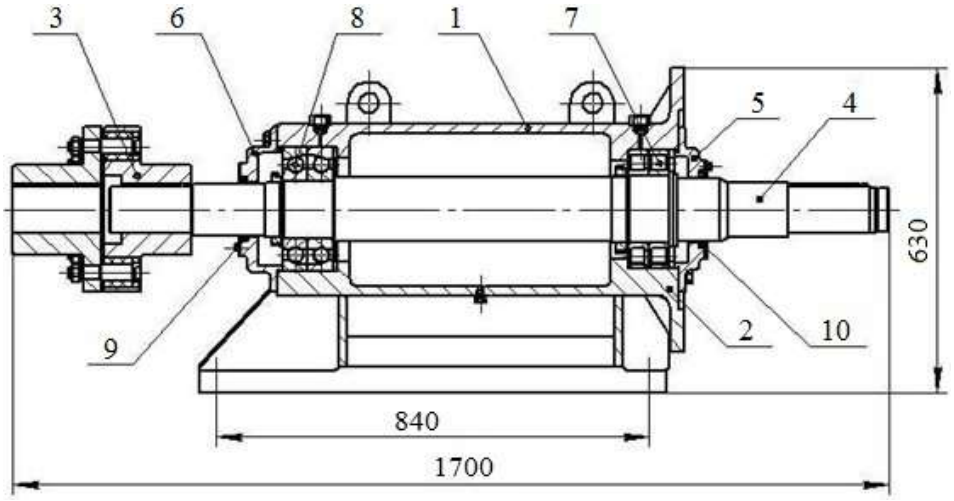
Для установки поплавка датчика уровня масла в рабочее положение после ложного срабатывания необходимо в ходовую часть залить лишнее масло, а потом его слить. После неоднократных ложных срабатываний датчики уровня масла в ходовой части на блоках № 3, 4 выведены из работы. На блоках № 5, 6 установка датчиков уровня и монтаж кабельных связей не производились.

При эксплуатации вентиляторов ВДНА-нж-15с из-за вибрации имели место случаи самопроизвольного закрытия направляющего аппарата, после установки дополнительных фиксаторов данный дефект более не появлялся.

В ППР блоков система технического водоснабжения группы «В» выводилась в ремонт и техническая вода на змеевики ходовой части вентиляторов систем TL02, TL03 не подавалась, при этом подшипники ходовой части не перегревались.

ОП АЭМ по заказу Запорожской АЭС для модернизации вентиляторов ВДНА-нж-15с разработана и изготовлена сейсмостойкая ходовая часть без масляной ванны и змеевика охлаждения масла, предусмотрена установка закрытых подшипников, заполненных консистентной смазкой.

Общий вид ходовой части для вентилятора ВДНА-нж-15с показан на рис. 8.7.



Условные обозначения: 1 – крышка; 2 – картер; 3 – муфта; 4 – вал; 5 – крышка торцевая задняя; 6 – крышка торцевая передняя; 7 – два радиальных роликовых подшипника; 8 – сдвоенный радиально-упорный шарикоподшипник; 9, 10 – манжета.

Рисунок 8.7 – Ходовая часть вентилятора ВДНА-нж-15с разработки ОП АЭМ

В настоящее время ходовая часть вентилятора проходит опытную эксплуатацию на системе TL02 блока № 5 Запорожской АЭС.

Планировалось при успешном проведении опытной эксплуатации ходовой части выполнить модернизацию всех вентиляторов ВДНА-нж-15с и избавиться от водяного охлаждения их ходовой части.

В настоящее время такая модернизация Запорожской АЭС не под силу.

8.1.3 Электродвигатели для вентиляторов систем охлаждения гермооболочки

8.1.3.1 Электродвигатели АО3-315-S6Т3 и АО3-355-S6Т3

На вентиляторах ВДНА-15, ВМА-15 блоков № 1, 2 применены электродвигатели исполнения Т3 по [189] (для макроклиматических районов, как с сухим, так и с влажным тропическим климатом) с предельной рабочей температурой окружающей среды 60 °С. Так что при повышении температуры воздуха в герметичной части более 60 °С работоспособность электродвигателей не гарантирована.

Примечание – Согласно приложению 1 к [189], предельные рабочие значения климатических факторов внешней среды при эксплуатации – значения климатических факторов, в пределах которых изделия могут чрезвычайно редко и в течение не более 6 ч оказаться при эксплуатации.

8.1.3.2 Электродвигатели 4А315S6У3

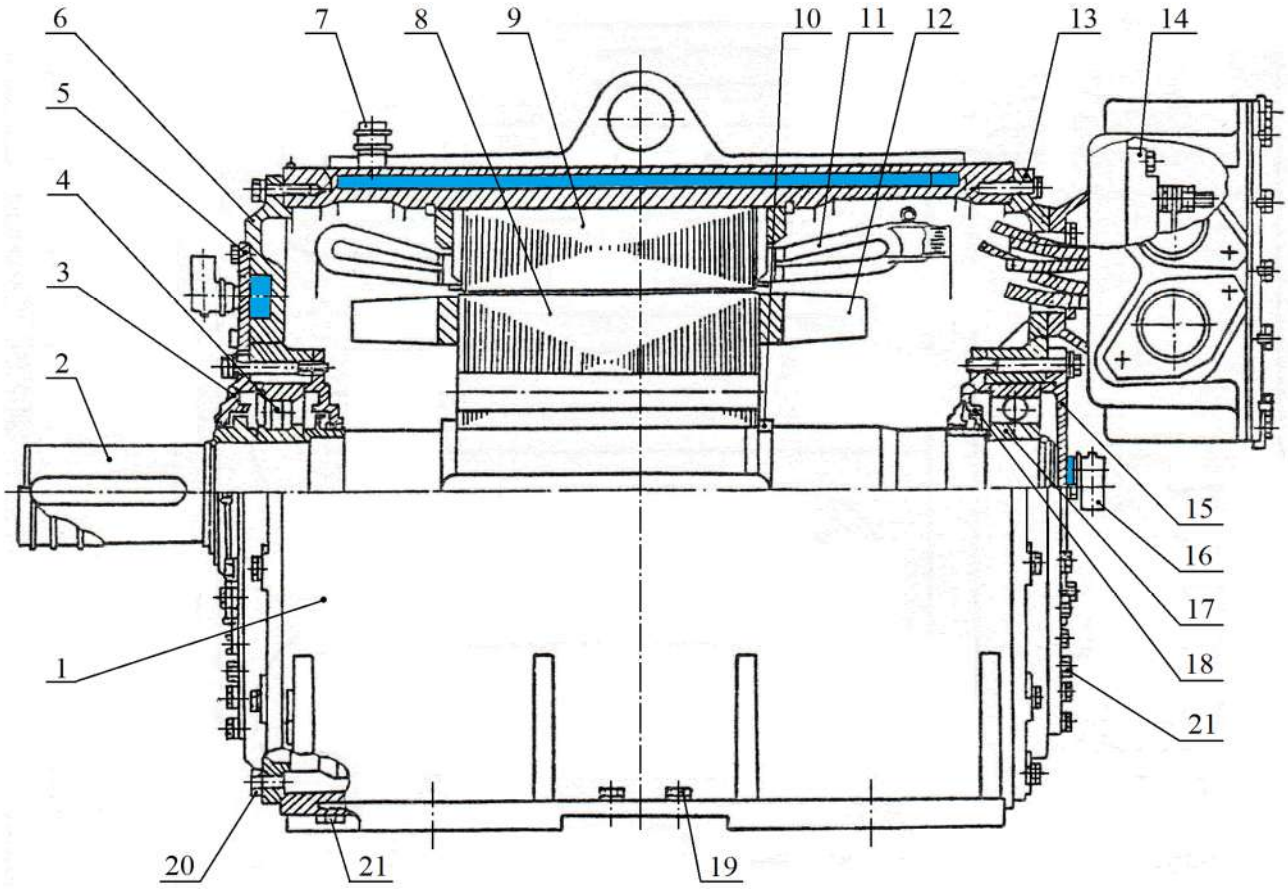
На блоках № 3, 4 в гермооболочке были установлены сейсмостойкие вентиляторы ВДНА-15-нж, но промышленность не успела изготовить электродвигатели с водяным охлаждением, и вентиляторы были укомплектованы электродвигателями исполнения У3 по [189] (для макроклиматического района с умеренным климатом) с предельной рабочей температурой окружающей среды 45 °С.

Так что при повышении температуры воздуха в герметичной части более 45 °С работоспособность электродвигателей не гарантирована.

8.1.3.3 Электродвигатели 4А315S6А5

В гермооболочке блоков № 5, 6 были установлены сейсмостойкие вентиляторы ВДНА-15-нж с электродвигателями водяного охлаждения 4А315S6А5.

Общий вид электродвигателей 4А315S6А5 показан на рис. 8.8. Голубой заливкой выделены каналы, по которым протекает охлаждающая вода.



Условные обозначения: 1 – станина; 2 – вал; 3, 15, 18 – крышки подшипников; 4 – роликовый подшипник; 6, 13 – щиты подшипниковые; 7, 16 – ниппели, 8 – сердечник ротора; 9 – сердечник статора; 10 – кольцо пружинное; 11 – обмотка статора; 12 – обмотка ротора; 14 – коробка выводов; 17 – подшипник шариковый; 19 – болт заземления; 20 – пробка для слива конденсата; 21 – пробка для слива воды.

Рисунок 8.8 – Электродвигатель 4А315S6А5

Принципиальная схема подачи технической воды на охлаждение электродвигателей показана на рис. 8.9, схема охлаждения станины (развертка) электродвигателя 4А315S6А5 показана на рис. 8.10.

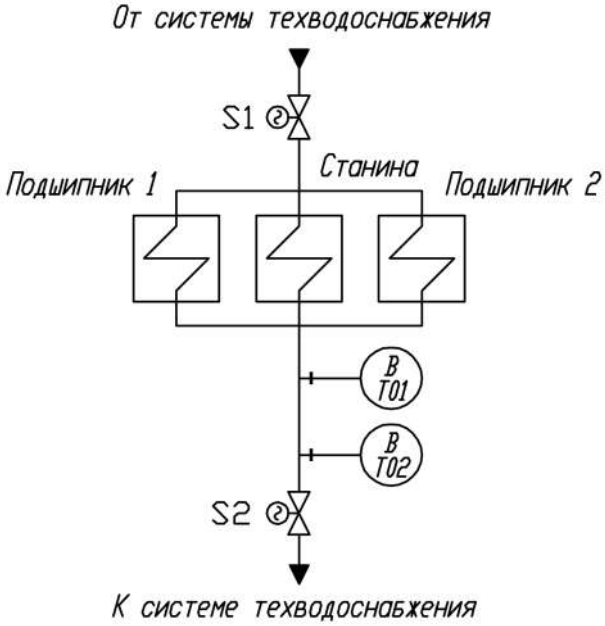
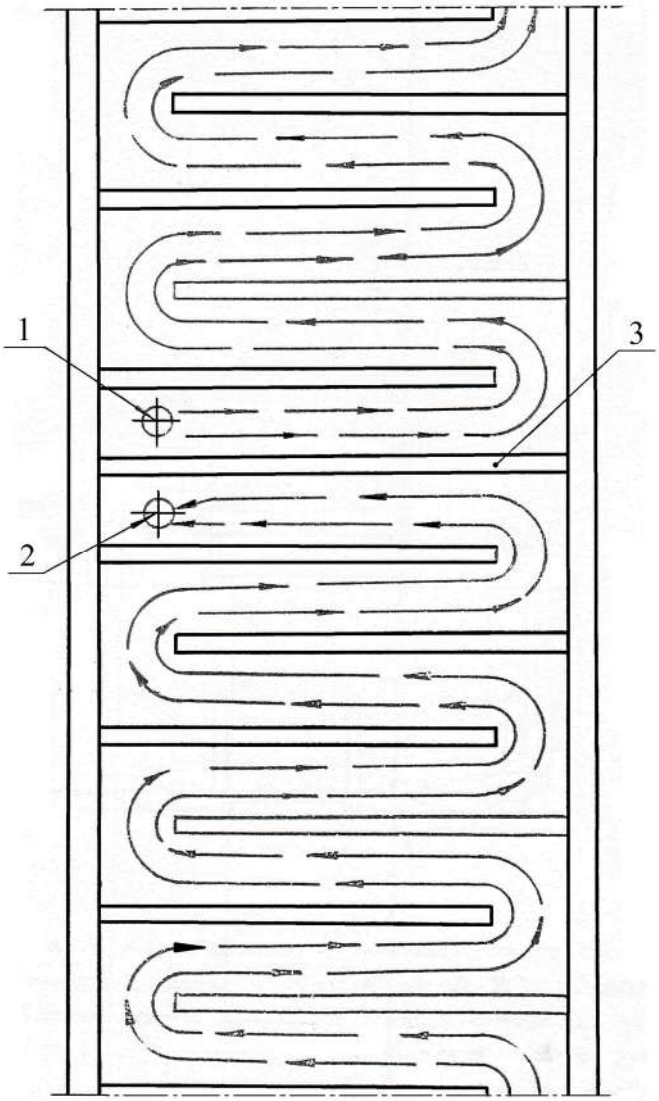


Рисунок 8.9 – Принципиальная схема подачи технической воды на охлаждение электродвигателей



Условные обозначения: 1 – патрубок входа воды; 2 – патрубок выхода воды; 3 – перегородка.

Рисунок 8.10 – Электродвигатель 4А315S6А5. Развертка системы охлаждения станины

Электроприводная арматура (S1, S2 на рис. 8.9) открывается и закрывается вручную, на БПУ выводится информация об ее положении. Электродвигатель аварийно отключается при температуре технической воды в обратном трубопроводе более 38 °С.

Опыт применения электродвигателей с водяным охлаждением 4А315S6А5 показал, что у них имеются следующие конструктивные недостатки:

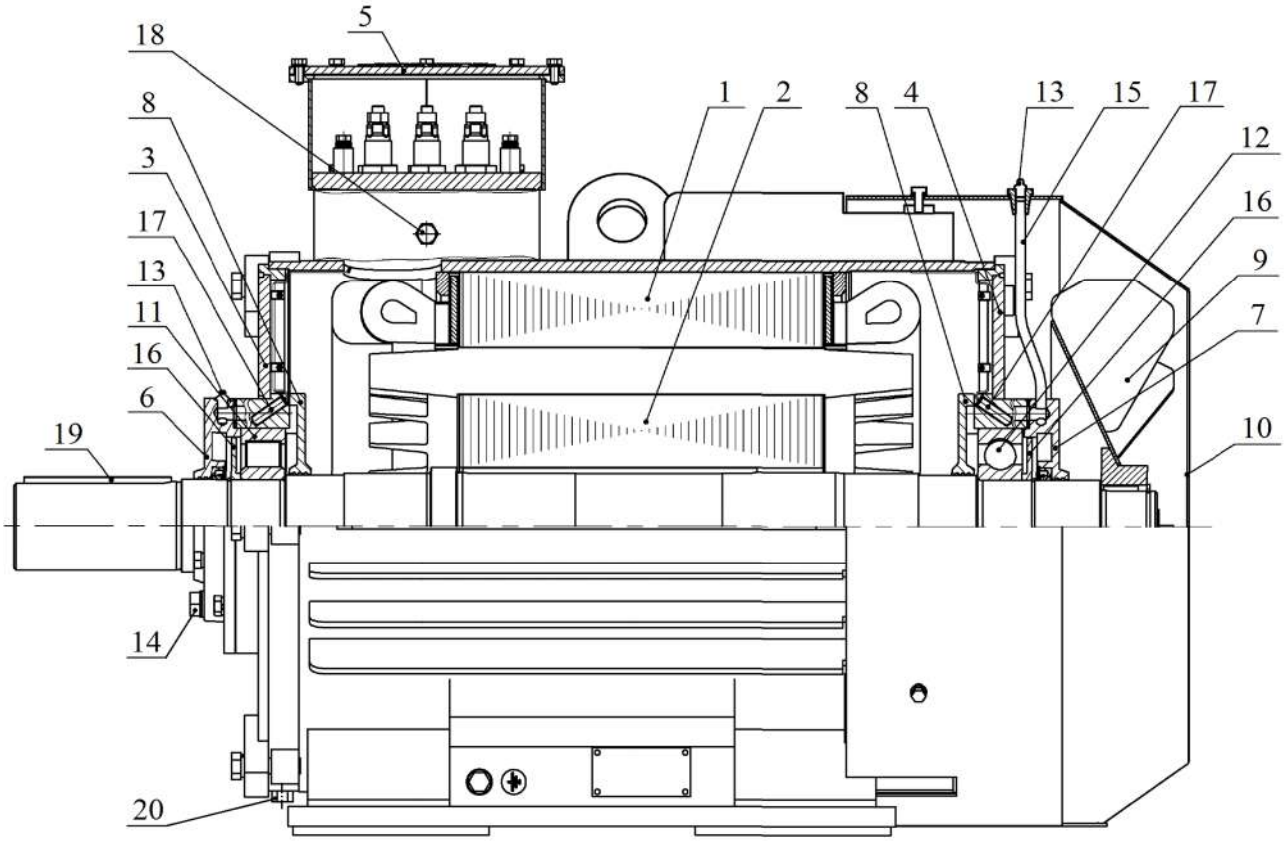
– при засорении подводящих трубок и охлаждающих каналов и рубашек электродвигателей (подшипниковых щитов и рубашки статора) из-за наличия включений органического и неорганического происхождения в технической воде многоходовая неразборная конструкция рубашки статора не позволяла извлечь из нее попавшие внутрь загрязнения. Имели место случаи полной непроходимости трубопроводов и охлаждающих каналов подшипников электродвигателей;

– неработоспособна защита по температуре обратной воды после электродвигателей (техническая вода подводится к подшипниковым щитам и рубашке статора тремя параллельными потоками, при прекращении циркуляции по одной нитке расход воды перераспределяется между двумя оставшимися нитками, при этом температура обратной воды практически не изменяется). Имели место случаи нагрева воды в рубашке статора почти до температуры кипения, а защита по температуре обратной воды после электродвигателей при этом не срабатывала.

8.1.3.4 Электродвигатели 4АМУ315S6А5О4

За счет кредита ЕБРР при модернизации вентиляторов систем охлаждения гермооболочки TL01-TL05 блоков № 1-6 установлены электродвигатели асинхронные трехфазные с воздушным охлаждением 4АМУ315S6А5О4 N = 110 кВт, n = 1000 об/мин по [190] производства ООО «НПП «НКЭМехЗ».

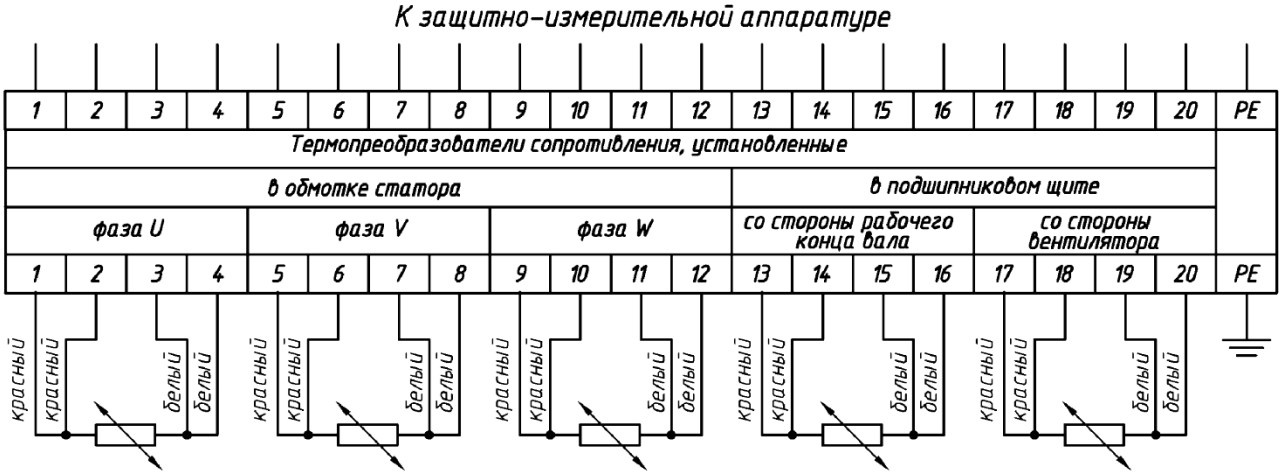
Общий вид электродвигателей 4АМУ315S6А5О4 показан на рис. 8.11.



Условные обозначения: 1 – статор; 2 – ротор; 3, 4 – щиты подшипниковые; 5 – коробка выводов; 6, 7, 8 – крышки подшипника; 9 – вентилятор; 10 – кожух; 11, 12 – подшипники; 13 – масленка; 14 – болт; 15 – трубка для пополнения смазки; 16 – кольцо маслосбрасывающее; 17 – термопреобразователи сопротивления; 18 – вилка; 19 – шпонка; 20 – пробка для слива конденсата.

Рисунок 8.11 – Электродвигатель 4АМУ315S6А5О4

Схема термоконтроля электродвигателя 4АМУ315S6А5О4 приведена на рис. 8.12.



Примечания

1. Номинальная статическая характеристика применяемых СИ – 50П.
2. Тип СИ – ТСП 0690.

Рисунок 8.12 – Схема термоконтроля электродвигателя 4АМУ315S6А5О4

Изоляция обмотки статора выполнена класса нагревостойкости «Н» по [191].

Для контроля температуры обмотки статора в ней установлены термопреобразователи сопротивления по одному в каждой фазе. Для контроля температуры подшипников в каждом подшипников узле установлено по одному термопреобразователю сопротивления. При отказах термопреобразователей сопротивления для контроля температуры обмотки статора контроль проводился по оставшимся термопреобразователям сопротивления.

В [190] предусмотрено изготовление электродвигателей номинальной мощностью 7,5 кВт; 55 кВт; 110 кВт; 132 кВт; 160 кВт. В разделах «Правила приемки» и «Методы контроля» указано, что следующие испытания проводятся при проведении приемочных испытаний на одном электродвигателе любого типоразмера:

– испытание на работоспособность в режиме «малая течь»;

– испытание в стояночном режиме и на работоспособность после режима «большая течь»;

– испытания на сейсмостойкость;

– испытания на стойкость к механическим воздействиям.

Легко догадаться, что указанные выше испытания проводились на электродвигателе номинальной мощностью 7,5 кВт, но в этом никаких нарушений НД нет, а только рациональный инженерный подход к постановке продукции на производство.

8.1.4 Вентиляторные агрегаты ВДНА-нж-17с с защитной плитой

Центробежные вентиляторные агрегаты ВДНА-нж-17с предназначены для работы в составе ремонтно-аварийной системы вентиляции гермооболочки и установлены на всех блоках Запорожской АЭС.

Основными узлами вентилятора являются: рабочее колесо, ходовая часть, улитка, всасывающий патрубок, осевой направляющий аппарат, фундаментные рамы (№ 1 и № 2) и защитная плита.

Рабочее колесо представляет собой сварную конструкцию, состоящую из крыльчатки и ступицы. Крыльчатка имеет 16 листовых загнутых назад рабочих лопаток.

Ходовая часть состоит из вала; подшипников, расположенных в общем корпусе, имеющих горизонтальный разъем; муфты упругой втулочно-пальцевой, соединяющей вал вентилятора непосредственно с валом электродвигателя.

Улитка вентилятора – сварной конструкции из листовой стали. Улитка вентилятора устанавливается на фундаментную раму № 1 с помощью двух опор, которые привариваются к торцевым стенкам улитки.

Фундаментные рамы представляют собой сварные конструкции из листовой и профильной стали и служат:

– рама № 1 – для монтажа в единый постановочный блок ходовой части в сборе с рабочим колесом, улитки в сборе с осевым направляющим аппаратом;

– рама № 2 – для монтажа, электродвигателя и ограждения муфты.

Рамы крепятся к общему фундаменту анкерными болтами.

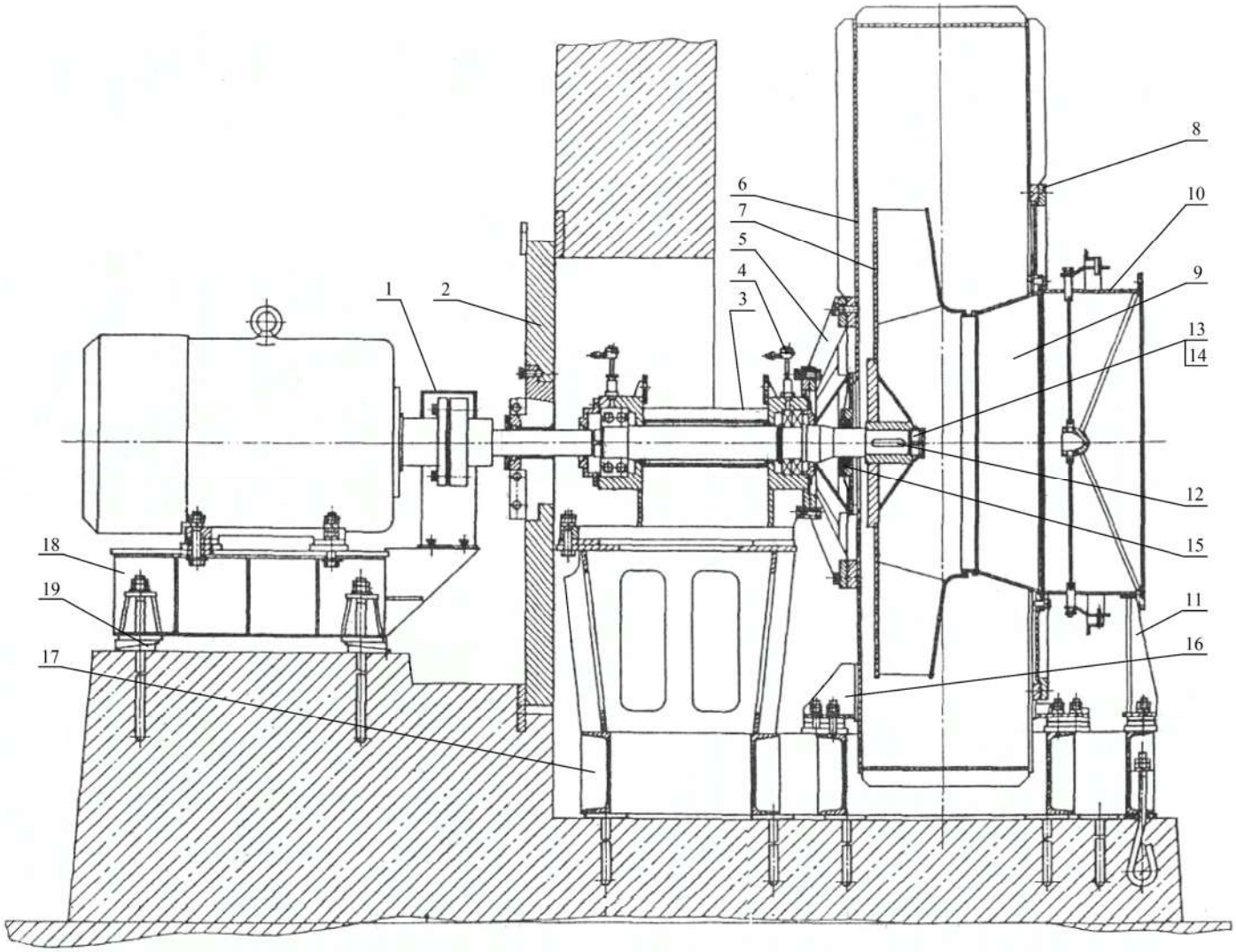
Защитная плита предназначена для защиты обслуживающего персонала АС от прямого воздействия агрессивных и радиоактивных газов при проведении ППР или в послеаварийном режиме.

Основные элементы вентилятора (улитка, рабочее колесо, осевой направляющий аппарат и опора направляющего аппарата) выполнены из нержавеющей стали. Остальные элементы вентилятора (ходовая часть, фундаментные рамы, ограждение муфты и муфта) выполнены из конструкционной стали, покрытой органосиликатным материалом.

Ходовая часть выполнена с подшипниками на консистентной смазке.

Для контроля температуры наружных колец подшипников предусмотрена установка термопреобразователей сопротивления.

Общий вид вентилятора ВДНА-17-нж показан на рис. 8.13.



Условные обозначения: 1 – муфта; 2 – защитная плита; 3 – ходовая часть; 4 – термопреобразователь сопротивления; 5 – опорный элемент; 6 – улитка; 7 – рабочее колесо; 8 – съемная диафрагма; 9 – всасывающий патрубок; 10 – осевой направляющий аппарат; 11 – опора осевого направляющего аппарата; 12 – шпонка; 13 и 14 – специальная гайка со стопорной шайбой; 15 – уплотнение; 16 – опора улитки; 17 – фундаментная рама.

Рисунок 8.13 – Центробежный вентиляторный агрегат с защитной плитой ВДНА-нж-17с

8.1.5 Вентиляторы низкого давления ВЦ4-70 (ВЦ4-75, ВЦ4-76)

Вентиляторы низкого давления ВЦ4-70 (ВЦ4-75, ВЦ4-76) являются самой распространенной маркой вентиляционного оборудования и применялись в составе систем вентиляции практически всех промышленных предприятий и общественных зданий.

Вентиляторы производства Крюковского, Вентспилского и других вентиляторных заводов, Харьковского завода «Кондиционер» монтировались и эксплуатировались без особых проблем, тем более что перегрузить их электродвигатели невозможно.

Аэродинамическая характеристика вентилятора ВЦ4-75 № 6,3 с электродвигателем N=5,5 кВт, n=1430 об/мин, совмещенная с характеристикой сети $\Delta P=kQ^2$, показана на рис. 8.14.

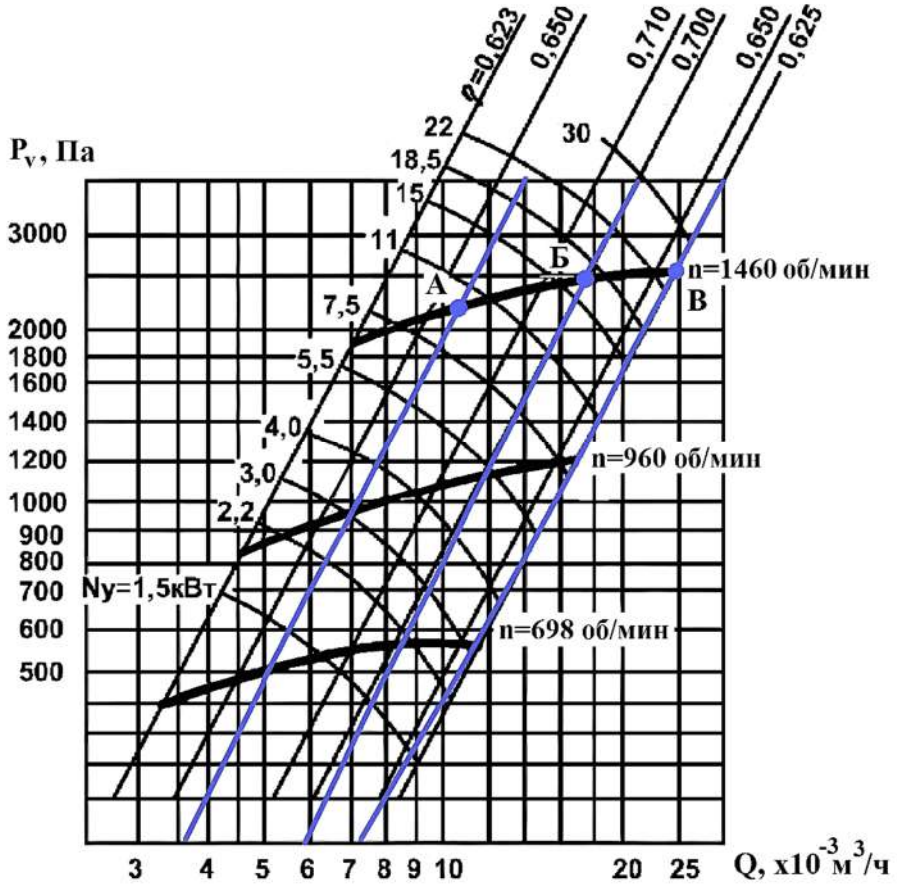


Рисунок 8.14 – Аэродинамическая характеристика вентилятора ВЦ4-75 № 6,3 в сети

При изменении коэффициента k рабочая точка вентилятора перемещается (А, Б, В), но потребляемая им мощность не превышает номинальную мощность электродвигателя.

Вентиляторов производства учреждений МВД СССР, установленных в реакторном отделении, совсем немного и на надежность работы систем вентиляции они не повлияли.

8.1.6 Вентиляторы среднего давления ВЦ14-46

Вентиляторы среднего давления ВЦ14-46 установлены, в основном, на рециркуляционных системах вентиляции фундаментной части и приточной противодымной вентиляции.

Вентиляторы производства Крюковского вентиляторного завода отличались высоким качеством, никаких проблем при их монтаже и эксплуатации не возникало.

Особенностью указанных вентиляторов является возможность перегрузки электродвигателя из-за несоответствия вентилятора сети воздуховодов.

Аэродинамическая характеристика вентилятора ВЦ14-46 № 5 с электродвигателем N=11 кВт, n=1460 об/мин, совмещенная с характеристикой сети $\Delta P=kQ^2$, показана на рис. 8.15.

При значении коэффициента k, соответствующего рабочей точке А, потребляемая вентилятором мощность не превышает номинальную мощность электродвигателя. Но при значении коэффициента k, соответствующего рабочим точкам Б, В, потребляемая вентилятором мощность превышает номинальную мощность электродвигателя.

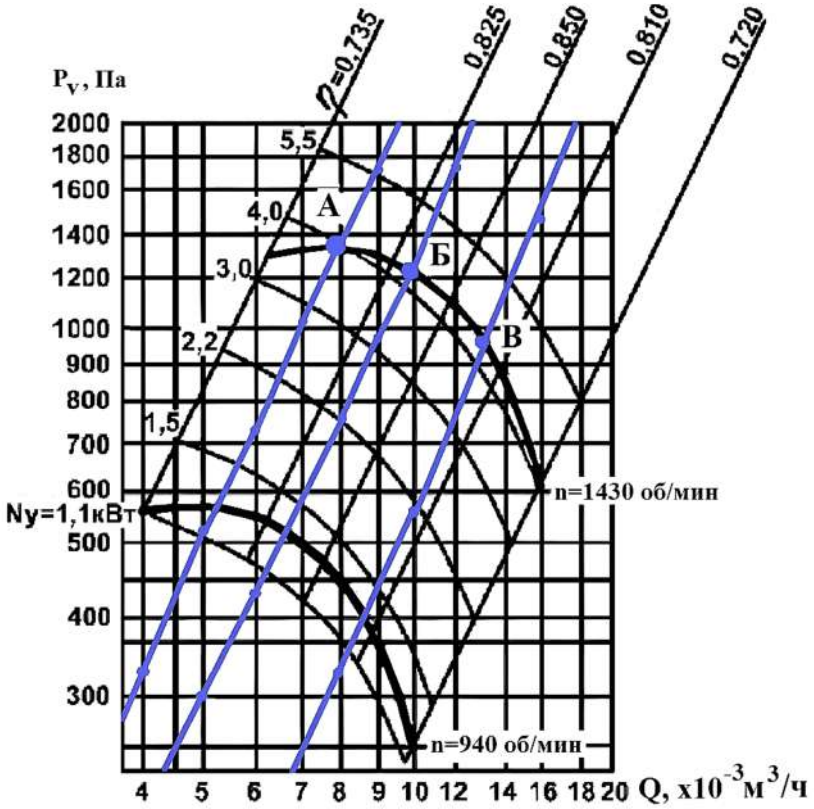


Рисунок 8.15 – Аэродинамическая характеристика вентилятора ВЦ14-46 № 5 в сети

При проведении ПНР приходилось устанавливать диафрагмы на воздуховоды системы охлаждения UV05, чтобы не перегрузить электродвигатели вентиляторов.

8.1.7 Вентиляторы высокого давления ВЦ10-28

В состав системы вытяжной вентиляции из шкафов лабораторий 1 контура TL28 (см. 4.5.3 настоящего пособия) по первоначальной рабочей документации входили вентиляторы ВЦ10-28 № 4 с проектным расходом воздуха 2825 м^3/ч и полным давлением воздуха 4800 Па.

Но при выполнении ПНР проектного расхода воздуха получить не удалось, вызванный для устранения дефекта представитель Загорского механического завода был очень удивлен, обнаружив свою продукцию на АС, т.к. предназначалась она в основном для сушки сена.

Аэродинамическая характеристики вентилятора ВЦ10-28 № 4 показана на рис. 8.16.

Согласно аэродинамической характеристике вентилятора с частотой вращения 2930 об/мин, он должен обеспечивать проектные параметры системы TL28.

А проблема заключалась в том, что выходное сечение патрубка вентилятора имеет размер (120х120) мм, при проектном расходе воздуха скорость движения воздуха в нем должна быть:

$$V = \frac{L}{3600 \cdot F} = \frac{2825}{3600 \cdot 0{,}12 \cdot 0{,}12} = 54{,}5 \text{ м/с} \qquad (8.1)$$

На выходном патрубке вентилятора установлен переход на круглое сечение D=300 мм для подключения к клапану герметичному вентиляционному.

Согласно табл. 9.3 [219], при соотношении площадей выхода и входа переходника 4,9 и угле раскрытия 30° КМС его равен $\zeta = 0{,}69$.

Расчетные потери давления воздуха в переходнике при этом:

$$\Delta P = \frac{\rho V^2}{2} \cdot \zeta = \frac{1{,}2 \cdot 54{,}5^2}{2} \cdot 0{,}69 = 1230 \text{ Па} \qquad (8.2)$$

Таким образом, полное давление вентилятора системы TL28 при проектном расходе воздуха с учетом потерь давления в переходнике на выходе вентилятора не могло быть более 3570 Па.

Расчет полного давления воздуха вентилятора для обеспечения проектного расхода воздуха системы TL28 приведен в таблице 8.2.

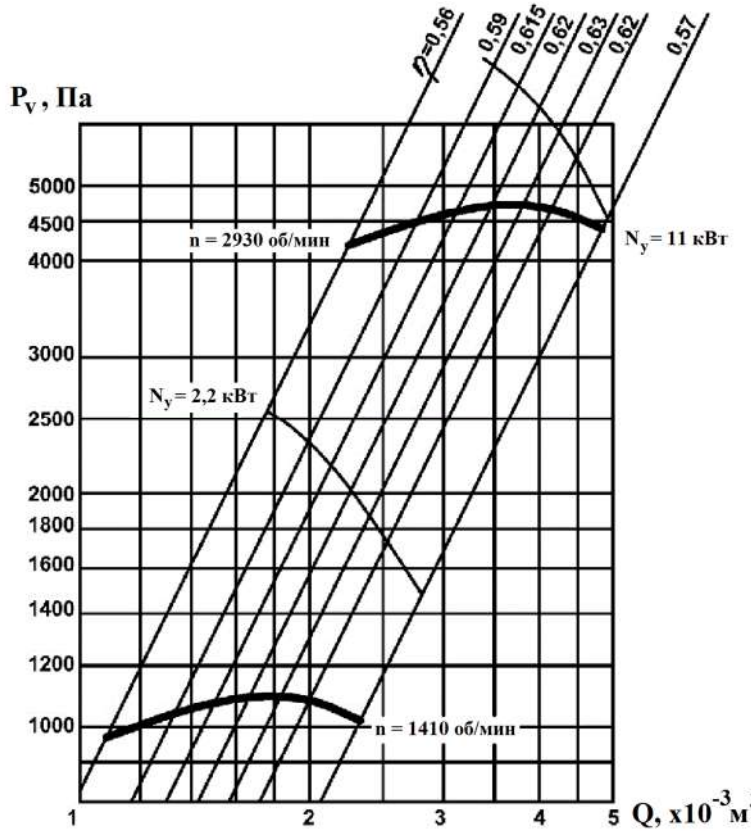


Рисунок 8.16 – Аэродинамическая характеристика вентилятора ВЦ10-28 № 4

Таблица 8.2

Элемент системы	Перепад давления воздуха, Па		Примечание
	начальный	конечный	
Воздуховоды от вытяжных шкафов до фильтров аэрозольных	1000	1000	
Фильтры аэрозольные	150	250	
Адсорберы угольные	2400	3000	
Воздуховоды от вентиляторов до помещения АВ1006	500	500	С учетом коллектора системы TL25
Противовзрывные устройства	150	150	В помещении АВ1007
Итого:	4200	4900	

Так что вентиляторы ВЦ10-28 № 4 для установки на системе TL28 непригодны.

По согласованию с ГРП вентиляторы ВЦ10-28 № 4 были установлены на аварийную приточную систему UV55 (см. 4.8.4 настоящего пособия), на блоках № 4 и 5 они сохранились до настоящего времени. На системе TL28 были установлены вентиляторы судовые 63/40 ЦСУ-14, первоначально предназначенные для системы UV55, они обеспечили проектный расход воздуха данной системы.

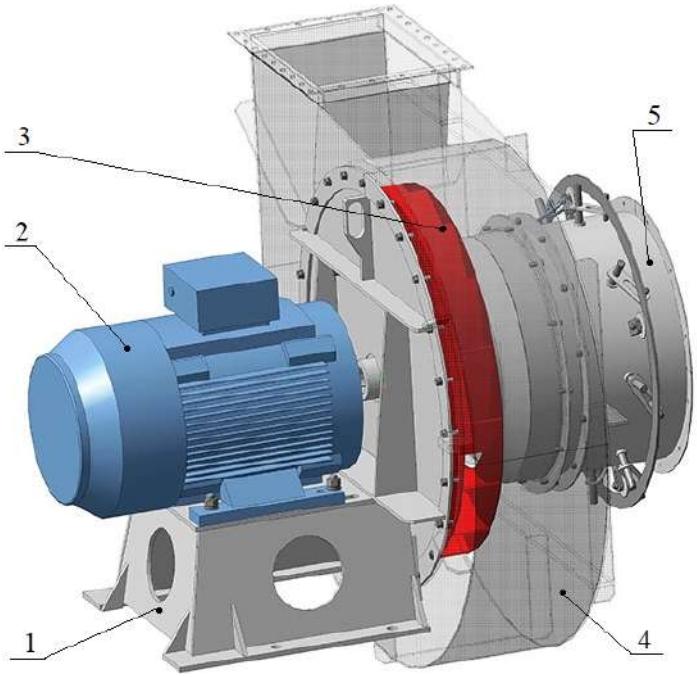
8.1.8 Вентиляторы дутьевые ВДН

Вентиляторы дутьевые ВДН установлены на системах вентиляции TL21, TL23, TL25.

Особенностью вентиляторов ВДН является возможность изменения аэродинамической характеристики и потребляемой мощности путем изменения угла установки лопаток направляющего аппарата.

Основными узлами вентиляторов ВДН до № 12,5 включительно являются: рабочее колесо, корпус, всасывающий патрубок, осевой направляющий аппарат, электродвигатель-привод, постамент. Постамент служит общим несущим элементом, на котором с помощью болтовых соединений в единый поставочный блок монтируются корпус в сборе с осевым направляющим аппаратом и двигатель с насаженным на его вал рабочим колесом.

Устройство вентиляторов ВДН до № 12,5 включительно показано на рис. 8.17.



Условные обозначения: 1 – постамент; 2 – электродвигатель; 3 – рабочее колесо; 4 – улитка; 5 – осевой направляющий аппарат.

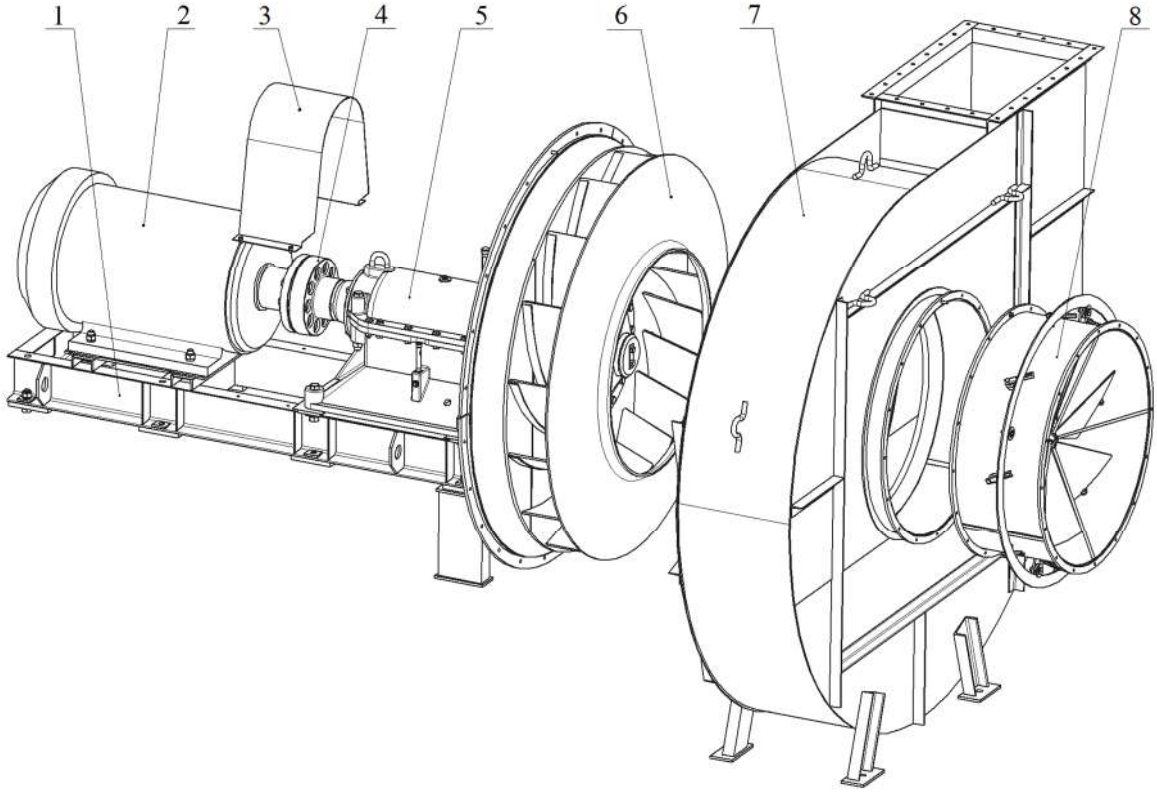
Рисунок 8.17 – Вентилятор дутьевой ВДН до № 12,5 включительно

Основными узлами вентиляторов ВДН № 15 и более являются: рабочее колесо, корпус, всасывающий патрубок, осевой направляющий аппарат, блок привода. Блок привода состоит из сварной рамы, ходовой части и электродвигателя. Ходовая часть состоит из корпуса, крышек, двух подшипниковых узлов, вала и соединительной упругой втулочно-пальцевой муфты. В ходовую часть заливается масло турбинное ТП-22с, для охлаждения масла предусмотрен змеевик, на который должна подаваться техническая вода группы «В».

Рама крепится к фундаменту анкерными болтами. Рабочее колесо состоит из основного диска, переднего конического диска, 16 назад загнутых лопаток и ступицы. Сварной спиральный корпус собран из двух боковых стенок и обечайки. Для создания необходимой жесткости торцевые стенки корпуса усиливаются оребрением из полос. К передней стенке корпуса приваривается всасывающий патрубок цилиндрической формы.

Осевой направляющий аппарат состоит из сварного цилиндрического корпуса, поворотного кольца, восьми листовых лопаток, соединенных с поворотным кольцом рычажной системой и обтекателем. Лопатки синхронно поворачиваются в направлении вращения рабочего колеса на угол от 0 до 90°.

Устройство вентилятора ВДН-17, установленного на аварийно-ремонтной системе вентиляции TL21 (оперативное обозначение TL21D02 и TL21D03) показано на рис. 8.18.



Условные обозначения: 1 – рама; 2 – электродвигатель; 3 – ограждение; 4 – муфта; 5 – ходовая часть; 6 – рабочее колесо; 7 – корпус; 8 – осевой направляющий аппарат.

Рисунок 8.18 – Вентилятор дутьевой ВДН-17

При эксплуатации вентиляторов имели место случаи самопроизвольного закрытия направляющего аппарата, после установки дополнительных фиксаторов такие случаи прекратились.

В ППР блоков система технического водоснабжения группы «В» выводилась в ремонт и техническая вода на змеевики ходовой части не подавалась, при этом подшипники ходовой части не перегревались.

Аэродинамическая характеристика вентилятора ВДН-11,2 показана на рис. 4.58.

8.1.9 Вентиляторы судовые ЦС, ЦСУ, РСС

Вентиляторы судовые радиальные выпускались заводом «Экватор» г. Николаев и применялись:

– для систем поддержания разрежения под оболочкой TL22 – вентиляторов специального исполнения, рассчитанных на перемещение воздуха с примесью водорода;

– для систем вытяжной вентиляции из шкафов лабораторий I контура;

– для систем вытяжной вентиляции из помещений маслосистемы и подпиточных насосов TL29 – вентиляторов специального исполнения, рассчитанных на перемещение воздуха с парами бензина;

– для систем воздухоснабжения пневмокостюмов TL47, TL48;

– для систем аварийной вентиляции БПУ UV55;

– для системы удаления продуктов сгорания UV64 (только на блоке № 6).

Вентиляторы работали надежно, замечаний к ним не было.

8.1.10 Вентиляторы осевые 06-300

Вентиляторы осевые 06-300 № 6,3 применялись при модернизации приточной противодымной вентиляции блоков № 1-5 для подачи воздуха в холлы лестничных клеток ЗСД.

Вентиляторы приточной противодымной вентиляции вводились в работу только при проведении опробований и периодических испытаний, замечаний к ним не было.

8.1.11 Вентиляторы осевые ОСА

Вентиляторы осевые ОСА производства ООО «Веза-Украина» применялись при модернизации приточной противодымной вентиляции блоков № 1-4 для подачи воздуха в лестничные клетки ниже отм. 0,000.

Вентиляторы приточной противодымной вентиляции вводились в работу только при проведении опробований и периодических испытаний, замечаний к ним не было.

8.1.12 Виброизоляторы вентиляторов радиальных

Вентиляторы типа ВДН, ВЦ14-46, ВЦ10-28 по рабочей документации устанавливались на фундаменты без виброизоляторов.

Вентиляторы радиальные устанавливались на виброизоляторы:

– ВЦ4-70, ВЦ4-75 – пружинные неравночастотные типа ДО;
– ВЦ4-76 № 8 – типа В.76а10.00.20;
– ВЦ4-76 № 16 – типа 0.42.40;
– ЦС, ЦСУ, РСС – резинометаллические корабельные типа АКСС-М по [192].

8.2 Теплообменники

8.2.1 Воздухонагреватели

На приточных системах вентиляции для нагрева или охлаждения (не на всех системах) воздуха рабочей документацией предусмотрены воздухонагреватели:

– стальные пластинчатые типа КВС и КВБ;
– биметаллические с накатным оребрением типа КсК3 и КсК4.

Эти же воздухонагреватели выполняют функцию воздухоохладителей в составе рециркуляционных систем охлаждения фундаментной части и обстройки.

Воздухонагреватели предназначены для применения при теплоносителе – воде с рабочим давлением до 1,2 МПа, они изготавливаются многоходовыми с горизонтальным расположением трубок. Их можно собирать в пакеты, для чего предусмотрены съемные боковые щитки.

Качество воздухонагревателей стальных пластинчатых в большей степени зависит от соблюдения на заводах-изготовителях конструкторской и технологической документации, чем биметаллических с накатным оребрением.

Для обеспечения передачи тепла от трубок к ребрам при изготовлении воздухонагревателей стальных пластинчатых предусмотрены следующие операции:

– окислы с наружной поверхности трубок удаляются путем травления в ваннах;
– в ребрах (стальных пластинах) прошиваются отверстия под трубки;
– на пакет трубок ребра насаживаются ударным способом;
– после сборки воздухонагревателей они погружаются в ванну с расплавленным цинком, цинк затекает в зазоры между трубками и ребрами, после вынимания из ванны цинк застывает и обеспечивает тепловой контакт трубок и ребер.

Как воздухонагреватели изготавливали на одном из предприятий местной промышленности:

– окислы с наружной поверхности трубок не удалялись из-за неисправности ванны для травления;
– диаметры отверстий в ребрах увеличили для удобства сборки воздухонагревателей вручную из-за неисправности копра.

В результате расплавленный цинк не прилипал к ржавой поверхности трубок, а между трубками и ребрами образовывался воздушный зазор. Результатом стало снижение коэффициента теплопередачи воздухонагревателей до трех раз по сравнению с паспортным значением.

Местные потребители знали об этом и решали проблему увеличением количества воздухонагревателей до 12 по ходу воздуха.

Дефект легко определялся при помощи металлической монеты, если ее вставить между ребрами и повернуть, ребра смещались по оси трубок.

На Запорожской АЭС проблема выявилась в первую же зиму, приточные системы вентиляции на выходе имели температуру воздуха не более 16 °С и обеспечить воздушное отопление в помещениях не могли. Проблема была решена массовой заменой воздухонагревателей.

8.2.2 Воздухонагреватели с электрическим нагревом

Воздухонагреватели с электрическим нагревом были установлены на аварийной приточной системе вентиляции БПУ UV55 для нагрева подаваемого воздуха при обесточении.

Применены изделия типа СФО-40/1Т-М01 по [193] общепромышленного исполнения с установленной мощностью 45 кВт (3 секции по 15 кВт). Выводы всех ТЭНов расположены в правой и левой частях каркаса и закрыты боковыми крышками. Для аварийного отключения воздухонагревателя при температуре оребрения ТЭН более 180 °С предусмотрена установка датчика-реле температуры биметаллического ТР-200.

Устройство воздухонагревателя с электрическим нагревом показано на рис. 8.19.



Условные обозначения: 1 – корпус; 2 – крышки боковые; 3 –бобышка для установки ТР-200; 4 – ТЭН.

Рисунок 8.19 – Воздухонагреватель с электрическим нагревом СФО-40/1Т-М01

Алгоритм работы воздухонагревателей с электрическим нагревом следующий:

– при включении вентилятора и температуре наружного воздуха менее 15 °С включается III секция;

– при температуре воздуха после воздухонагревателя менее/более 18 °С включается/отключается I секция;

– при температуре воздуха после воздухонагревателя менее/более 20 °С включается/отключается II секция;

– при температуре воздуха после воздухонагревателя более 22 °С отключаются I-III секции;

– при температуре оребрения ТЭН более 180 °С аварийно отключаются I-III секции.

8.2.3 Воздухоохладители

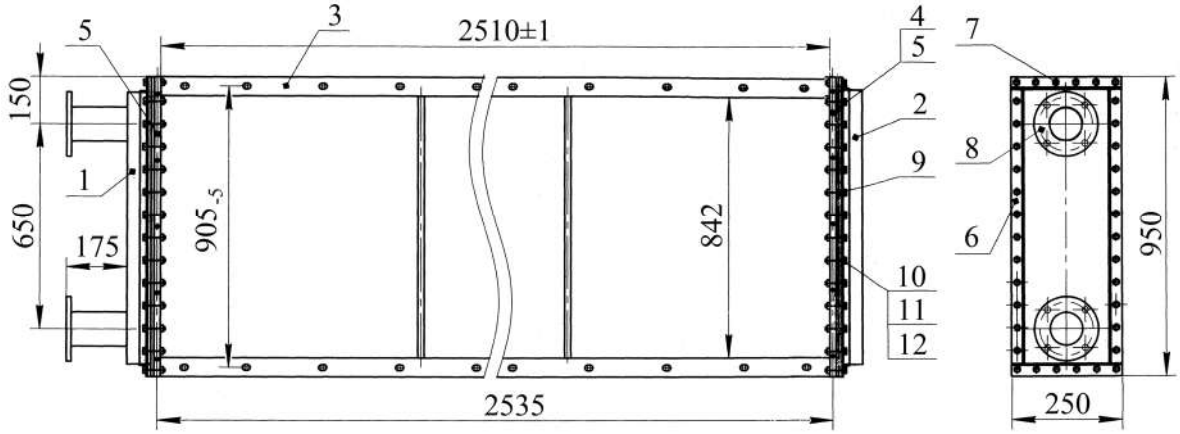
Согласно первоначальной рабочей документации, для систем охлаждения гермооболочки TL01, TL03, TL04, TL05 были применены воздухоохладители ВО-194/2510-61-н-УХЛ4 по ТУ 16-90 ИАКЯ.065.174-007 ТУ и ВУП-16х6-2500 по ТУ16-539.801-74 производства Троицкого электромеханического завода, предназначенные для охлаждения воздуха, циркулирующего в замкнутых системах охлаждения электрических машин.

В паспорте воздухоохладителя ВО-194/2510-61-н-УХЛ4 (заводское обозначение ИАКЯ 065174.010-100) указаны его технические характеристики, приведенные в таблице 8.3.

Таблица 8.3

Наименование параметра и единица измерения	Значение
Тепловой поток, кВт	133-194
Расход воды, $м^3/ч$	28,8-65,4
Расход воздуха, $м^3/с$	4,0-10,2
Температура охлаждающей воды, °С	30
Температура охлажденного воздуха, °С	40
Аэродинамическое сопротивление, Па	88-434
Гидродинамическое сопротивление, МПа	0,02-0,07
Наибольшее давление воды, МПа	0,3
Габаритные размеры, мм	2890x950x250
Масса, кг, не более	415
Срок службы, лет, не менее	11

Устройство воздухоохладителя показано на рис. 8.20.



Условные обозначения: 1 – крышка передняя; 2 – крышка задняя; 3 – связь; 4 – трубка оребренная; 5 – доска трубная; 6, 7 – уголки; 8 – фланец; 9-12 – метизы.

Рисунок 8.20 – Воздухоохладитель ВО-194/2510-61-н-УХЛ4

Из-за того, что давление воды в системе техводоснабжения группы «А» на отм. 13,200 и 19,300 было более 0,3 МПа, неоднократно были случаи возникновения протечек по месту запрессовки трубок в трубные доски. За время эксплуатации из-за вымывания меди из латунных трубок уменьшилась толщина их стенок, часть трубок была заглушена.

Так как технических характеристик, приведенных в таблице 8.3 настоящего пособия, недостаточно для разработки эксплуатационной документации, из справочных материалов [194] и [195] взяты дополнительные характеристики:

– площадь теплообменной поверхности F = 149 $м^2$;
– ширина воздухоохладителя a = 2,51 м;
– высота воздухоохладителя b = 0,9 м;
– отношение площади поперечного сечения воздухоохладителя к площади живого сечения m_p = 2,123;
– наружный диаметр трубок d_{mp} = 0,019 м;
– толщина стенки трубки s_{mp} = 0,001 м;
– количество трубок в воздухоохладителе n = 64;
– количество ходов в воздухоохладителе m = 2.

Площадь живого сечения воздухоохладителя ВО-194/2510-61-н-УХЛ4 по воздуху определяется по формуле:

$$f_в = \frac{a \times b}{m_p} = \frac{2{,}51 \times 0{,}9}{2{,}123} = 1{,}064 \text{ м}^2 \quad (8.3)$$

Площадь живого сечения воздухоохладителя ВО-194/2510-61-н-УХЛ4 по воде определяется по формуле:

$$f_w = \frac{n}{m} \times \pi \times \frac{\left(d_{mp} - 2 \times s_{mp}\right)^2}{4} = \frac{64}{2} \times \pi \times \frac{(0{,}019 - 2 \times 0{,}001)^2}{4} = 7{,}26 \times 10^{-3} \text{ м}^2 \quad (8.4)$$

Коэффициент теплопередачи воздухоохладителей ВО-194/2510-61-н-УХЛ4 и ВУП-16х6-2500 рассчитывался по формуле (8.5), значения показателей степени в ней взяты из справочных материалов [194] и [195]:

$$K = 15 \times (v\rho)^{0{,}47} \times w^{0{,}14}, \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)} \quad (8.5)$$

где $v\rho$ – массовая скорость движения воздуха через трубный пучок, кг/(м^2·с);

w – скорость движения воды в трубках, м/с.

Указанные технические характеристики воздухоохладителей были использованы при разработке альбомов схем систем вентиляции и кондиционирования воздуха (см. 10.2.6 настоящего пособия).

В 2006 году ОП АЭМ поставлены на производство сейсмостойкие воздухоохладители по [196], рассчитанные на рабочее давление воды 6 кгс/см^2. Воздухоохладители для систем охлаждения гермооболочки получили обозначение ЗСК-03, их технические характеристики приведены в таблице 8.4.

Таблица 8.4

Наименование параметра и единица измерения	Значение
Площадь теплообменной поверхности, м^2	151
Площадь живого сечения по воздуху, м^2	0,948
Площадь живого сечения по воде, м^2	0,0106
Номинальная холодопроизводительность, кВт	180
Примечание – Номинальная холодопроизводительность воздухоохладителя указана при температуре охлаждаемого воздуха 60 °С, расходе охлаждаемого воздуха 30 000 м^3/ч, температуре охлаждаемой воды 33 °С, расходе охлаждаемой воды 50 м^3/ч.	

Для определения показателей степени в формуле для определения коэффициента теплопередачи воздухоохладителей по [196] были проведены стендовые испытания, результаты испытаний и обработки стандартными средствами Microsoft Excel приведены в таблице 8.5.

Таблица 8.5

Вариант	Расход воздуха, $м^3/ч$	Температура воздуха, °С		Расход воды, $м^3/ч$	Температура воды, °С		Холодопроизводительность, кВт	Разность температур воздуха и воды, °С	Плотность воздуха, $кг/м^3$	Скорость движения воздуха в живом сечении, м/с	Массовая скорость движения воздуха в живом сечении, $кг/(м^2хс)$	Скорость движения воды в живом сечении, м/с	Коэффициент теплопередачи, $Вт/(м^2хК)$		Отклонение расчетного коэффициента теплопередачи от фактического,%
		на входе	на выходе		на входе	на выходе							фактический	расчетный по формуле $K=a(pv)^bw^c$	
1	24 074	62,6	42,1	35,4	33,2	38,0	154,3	16,75	1,12	7,05	7,90	0,93	60,99	61,26	0,43
2	22 929	64,0	37,0	25,2	23,8	31,6	196,7	22,80	1,14	6,72	7,65	0,66	57,14	56,72	0,74
3	23 882	61,2	31,5	21,0	15,2	23,4	229,4	27,05	1,16	7,00	8,11	0,55	56,17	57,76	2,75
4	15 882	62,1	29,1	26,4	15,6	22,6	170,9	26,50	1,17	4,65	5,44	0,69	42,70	43,71	2,31
5	15 687	61,6	34,0	26,4	23,8	29,4	138,9	21,20	1,15	4,60	5,28	0,69	43,39	42,75	1,50
6	15 687	62,1	40,1	34,8	33,4	37,4	108,6	15,70	1,13	4,60	5,18	0,91	45,80	43,90	4,32
7	8 247	58,3	37,7	34,2	32,8	36,4	53,9	13,40	1,14	2,42	2,74	0,90	26,62	26,62	0,00
8	8 437	60,3	31,2	27,6	23,8	27,8	79,5	19,95	1,16	2,47	2,87	0,72	26,39	26,67	1,04
9	8 370	60,0	25,5	22,2	15,6	21,4	95,3	24,25	1,18	2,45	2,90	0,58	26,02	26,02	0,00
10	23 765	61,5	30,5	25,8	15,6	23,2	239,1	26,60	1,16	6,96	8,10	0,68	59,53	59,52	0,01
11	23 874	60,6	30,7	22,8	16,2	22,2	231,5	26,45	1,16	7,00	8,13	0,60	57,97	58,59	1,07
12	23 886	60,6	31,3	18,6	16,2	23,2	226,5	26,25	1,16	7,00	8,12	0,49	57,15	56,74	0,72
Минимальное значение среднего отклонения расчетного коэффициента теплопередачи от фактического,%															**1,24**
обеспечивается при коэффициентах в формуле $K=a(pv)^bw^c$									**a =12,27**		**b =0,783**			**c =0,152**	

Таким образом, коэффициент теплопередачи воздухоохладителей по [196] должен рассчитываться по формуле:

$$K = 12{,}27 \times (v\rho)^{0{,}783} \times w^{0{,}152}, \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)} \quad (8.6)$$

При пересмотре ТУ на воздухоохладители в 2014 году были изменены геометрические размеры трубного пучка воздухоохладителей, проведены повторные стендовые испытания и обработаны их результаты. Воздухоохладители для систем охлаждения гермооболочки в ТУ [197] получили обозначение ВО-180/2510/350, их технические характеристики приведены в таблице 8.6.

Таблица 8.6

Наименование параметра и единица измерения	Значение
Площадь теплообменной поверхности, м^2	177,7
Площадь живого сечения по воздуху, м^2	1,024;
Площадь живого сечения по воде, м^2	0,01305
Номинальная холодопроизводительность, кВт	180
Примечание – Номинальная холодопроизводительность воздухоохладителя указана при тех же параметрах воздуха и воды, что и в таблице 8.4.	

Получена формула для определения коэффициента теплопередачи воздухоохладителей ВО-180/2510/350 с измененными размерами трубного пучка:

$$K = 11{,}41 \times (v\rho)^{0{,}862} \times w^{0{,}23}, \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)} \quad (8.7)$$

Расчетные параметры воздуха в гермооболочке при различных режимах эксплуатации систем охлаждения приведены в таблице 8.7.

При расчетах были заданы режимы:

– нормальной эксплуатации в теплый период года (ПЭМ UX11H01 в работе);

– нормальной эксплуатации в теплый период года с пониженным расходом технической воды группы «А»;

– нормальной эксплуатации в теплый период года с пониженным расходом технической воды группы «А» и подачей воды от ПЭМ на все воздухоохладители систем TL01, TL04 и TL05 (см. 4.2.1 настоящего пособия);

– нормальной эксплуатации в теплый период года с пониженным расходом технической воды группы «А», подачей воды от ПЭМ на все воздухоохладители систем TL01, TL04 и TL05, при запрещенном сочетании вентиляторов систем TL01 и TL04 (см. 4.2.1 настоящего пособия);

– недостаточного теплоотвода в теплый период года (ПЭМ UX11H01 отключена);

– недостаточного теплоотвода в теплый период года при запрещенном сочетании вентиляторов систем TL01 и TL04 (см. 4.2.1 настоящего пособия);

– нормальной эксплуатации в холодный период года (ПЭМ UX11H01 отключена).

Расчетные коэффициенты теплопередачи всех воздухоохладителей были уменьшены на 15% для учета загрязнения их поверхности, наличия отложений и заглушенных трубок.

Расчетная схема систем охлаждения гермооболочки приведена на рис. 8.21. Значения расхода воздуха выделены полужирным шрифтом синего цвета.

Результаты расчета одного из режимов систем охлаждения гермооболочки приведены на рис. 8.22.

Расчетные параметры воздуха в гермооболочке при различных режимах эксплуатации систем охлаждения и применении воздухоохладителей ВО-194/2510-61-н-УХЛ4, ЗСК-03 и ВО-180/2510/350 приведены в таблице 8.7.

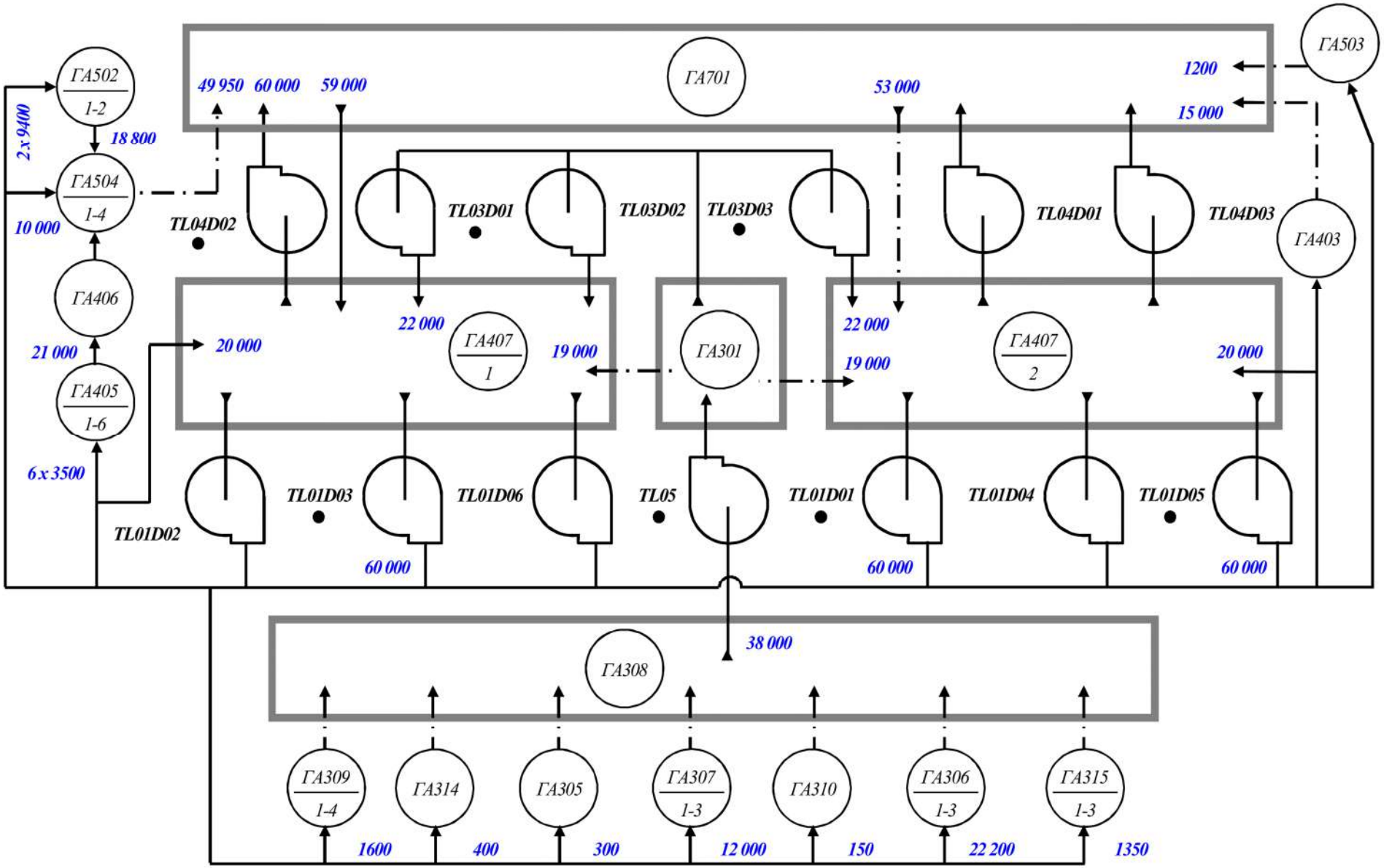


Рисунок 8.21 – Расчетная схема систем охлаждения гермооболочки

Вариант 9 записан | ☐ Стирание | Вариант 9 | ☑ Перезапись | Расчет | Запись | Вывод

Параметры смежных систем	
Температура технической воды группы "A", °C	33
Расход технической воды группы "A", м³/ч	50
Температура технической воды группы "B", °C	33
Расход технической воды группы "B", м³/ч	70
ПЭМ UX11H01 в работе	☑
Температура рабочей воды от ПЭМ UX11H01, °C	13,5
Расход рабочей воды от ПЭМ UX11H01, м³/ч	28
Теплопоступления в герметичной части, % от проекта	100

В работе вентиляторы систем охлаждения ☐ Обесточение

1 канал СБ		2 канал СБ		3 канал СБ	
TL01D01	☐	TL01D03	☐	TL01D05	☐
TL01D02	☑	TL01D04	☑	TL01D06	☑
TL03D01	☑	TL03D02	☐	TL03D03	☑
TL04D01	☐	TL04D02	☐	TL04D03	☑

Параметры систем охлаждения

Система	К-во раб	Холодопроизводительность, Вт	$T_{вх}$, °C	$T_{вых}$, °C
TL01D01, D04, D05	1	422 700 (VF) + 186 850 (UX)	66	35
TL01D02, D03, D06	2	1 264 200 (VF) + 143 100 (UX)	67	
TL03	2	716 600	97	45
TL04D01, D03	1	422 700 (VF) + 186 850 (UX)	66	38
TL04D02	0	0	0	0
TL05	1	161 200 (VF) + 88 700 (UX)	51	35

Помещение	Расход воздуха, м³/ч	Температура воздуха, °C	
		на входе	на выходе
ГА301	38 000	35	58
ГА305	300	35	35
ГА306/1-3	22 200	35	53
ГА307/1-3	12 000	35	37
ГА308	38 000	47	51
ГА309/1-4	1 600	35	46
ГА310	150	35	35
ГА314	400	35	35
ГА315/1-3	1 350	35	54
ГА403	15 000	35	57
ГА405/1-6	21 000	35	37
ГА406	21 000	37	48
ГА407/1	120 000	52	67
ГА407/2	120 000	51	66
ГА408	6 000	35	50
ГА502/1, 2	6 000	35	50
ГА503	1 200	35	35
ГА504/1-4	49 950	38	61
ГА701	129 150	49	57
Приводы СУЗ	44 000	57	97
К теплопередачи от паспортного			0,85

Система ☑ Параллельно в_охладители VF ☑ Параллельно в_охладители UX	TL01, TL04 (VF и UX)	TL03	TL05 (VF и UX)		
Тип воздухоохладителя	ЗСК-03	ЗСК-03	ЗСК-03	ЗСК-03	ЗСК-03
Суммарное количество воздухоохладителей	4	2	3	4	2
Количество воздухоохладителей по фронту	2	2	1	2	2
Количество параллельно подключенных воздухоохладителей по воде	2	2	3	2	2
Суммарная тепловая нагрузка UX11H01, Вт	605 500	Суммарный расход воды от UX11H01, м³/ч			330

Рисунок 8.22 – Результаты расчета одного из режимов систем охлаждения гермооболочки

Таблица 8.7

Описание режима работы систем охлаждения	Температура воды, °С		Расход технической воды группы «А», $м^3/ч$	Температура воздуха в боксах ПГ, °С при применении воздухоохладителей			Температура воздуха в помещении ГА701, °С при применении воздухоохладителей		
	групп «А» и «В»	ПЭМ UX11H01		ВО-194/2510	ЗСК-03	ВО-180/2510/350	ВО-194/2510	ЗСК-03	ВО-180/2510/350
Режим нормальной эксплуатации в теплый период года	33	13,5	100	71 72	66 66	64 64	62	56	54
Режим нормальной эксплуатации в теплый период года с пониженным расходом технической воды группы «А»	33	13,5	70	72 72	66 66	64 65	63	56	55
Режим нормальной эксплуатации в теплый период года с пониженным расходом технической воды группы «А» и подачей воды от ПЭМ на все воздухоохладители систем TL01, TL04 и TL05	33	13,5	50	74 75	68 68	65 66	66	59	56
Режим нормальной эксплуатации в теплый период года с пониженным расходом технической воды группы «А», подачей воды от ПЭМ на все воздухоохладители систем TL01, TL04 и TL05, при запрещенном сочетании вентиляторов систем TL01 и TL04	33	15,0	50	82 72	76 65	74 62	66	59	56
Режим недостаточного теплоотвода в теплый период года	33	-	70	86 86	78 78	70 70	79	71	60
Режим недостаточного теплоотвода в теплый период года при запрещенном сочетании вентиляторов систем TL01 и TL04	33	-	50	86 **94**	84 75	79 67	83	70	60
Режим нормальной эксплуатации в холодный период года	15	-	100	65 65	56 57	55 55	58	50	48

Были также выполнены расчетные анализы с использованием кода MELCOR для следующих сценариев:

– течь первого контура Ду 10 мм без учета работы систем вентиляции;

– течь первого контура Ду 10 с учетом работы систем вентиляции с воздухоохладителями типа ВО-194/2510-61-н-УХЛ4;

– течь первого контура Ду 10 мм с учетом работы систем вентиляции с воздухоохладителями ЗСК-03.

Начальные условия для РУ соответствуют условиям работы на номинальном уровне мощности.

Результаты расчетных анализов приведены на рис. 8.23-8.28.

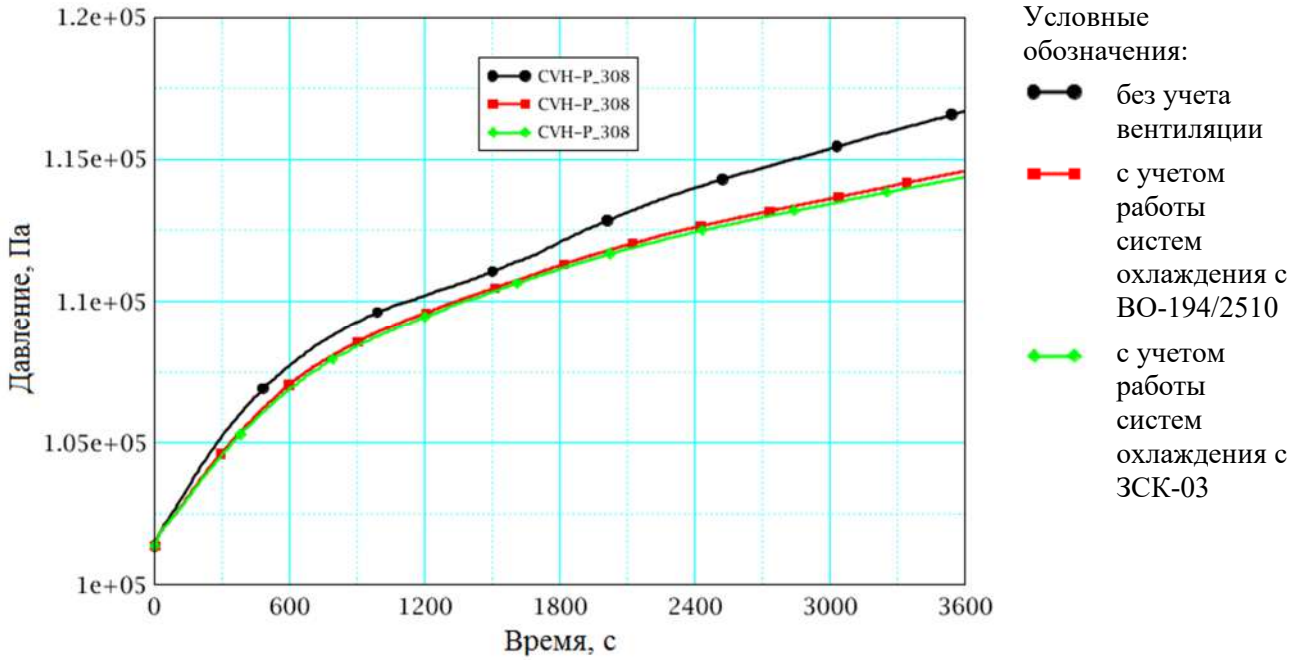


Рисунок 8.23 – График изменения давления среды в боксах ПГ ГА407/1, ГА506/1

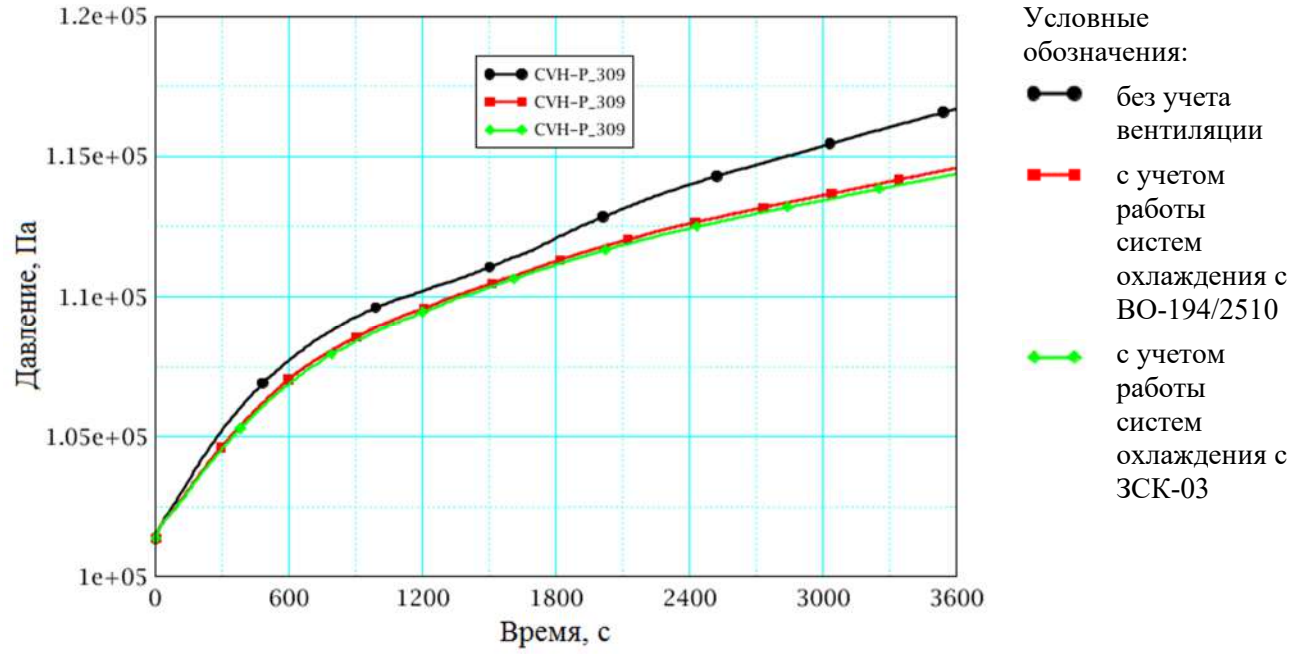


Рисунок 8.24 – График изменения давления среды в боксах ПГ ГА407/2, ГА506/2

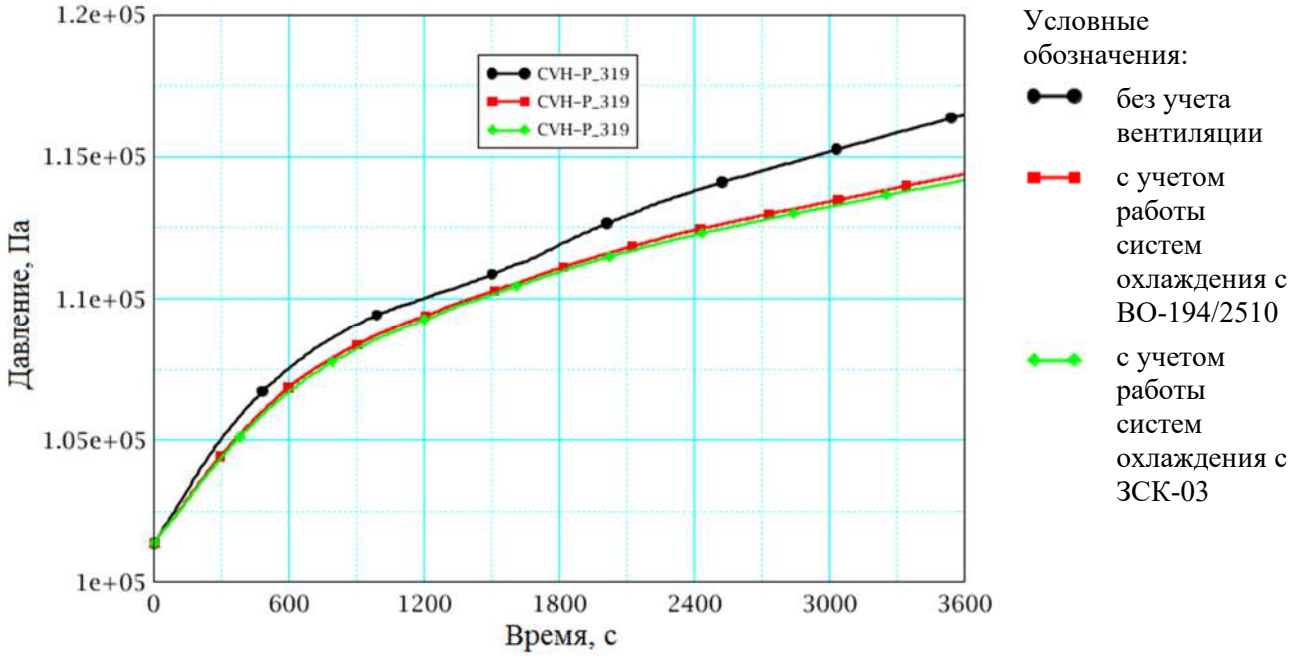


Рисунок 8.25 – График изменения давления среды в центральном зале ГА701

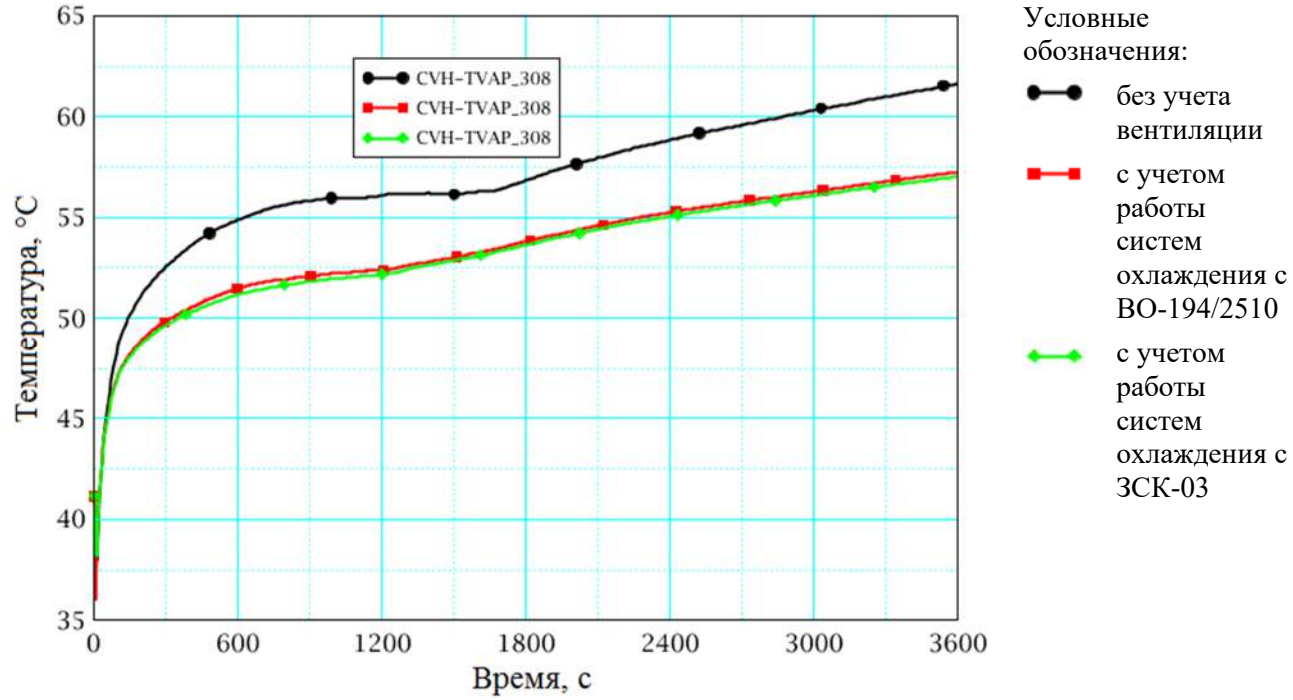


Рисунок 8.26 – График изменения температуры среды в боксах ПГ ГА407/1, ГА506/1

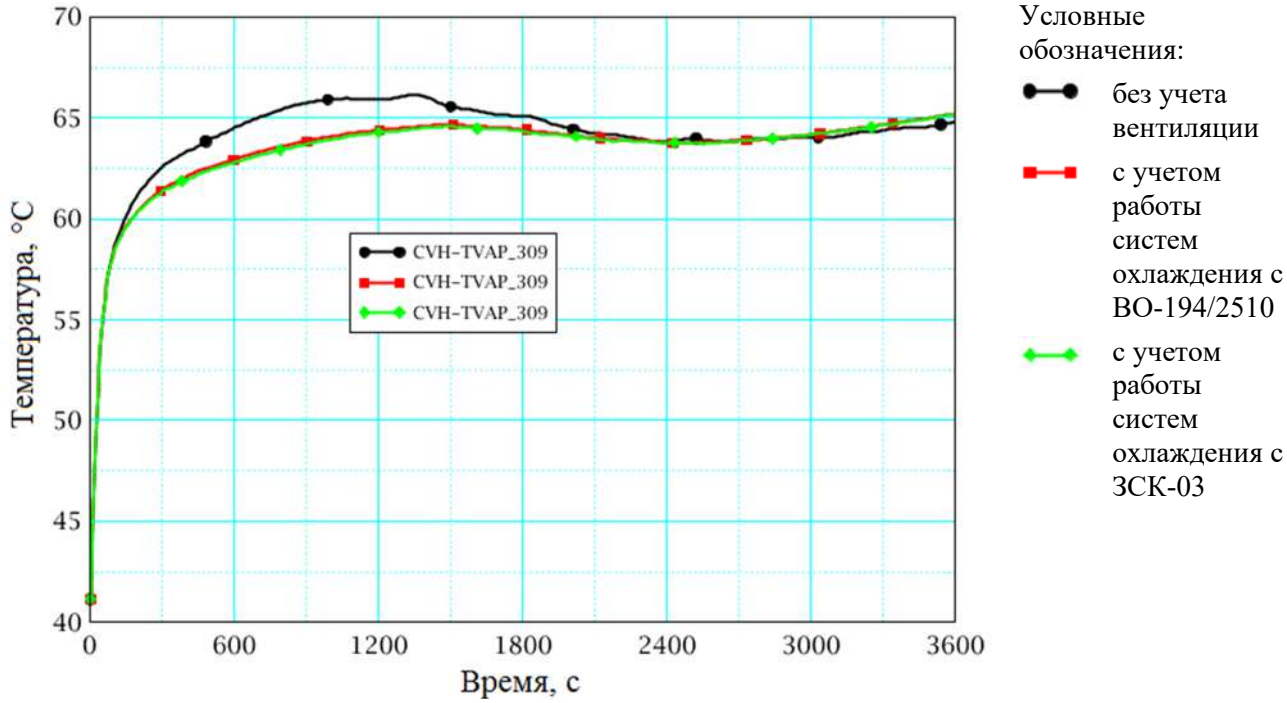


Рисунок 8.27 – График изменения температуры среды в боксах ПГ ГА407/2, ГА506/2

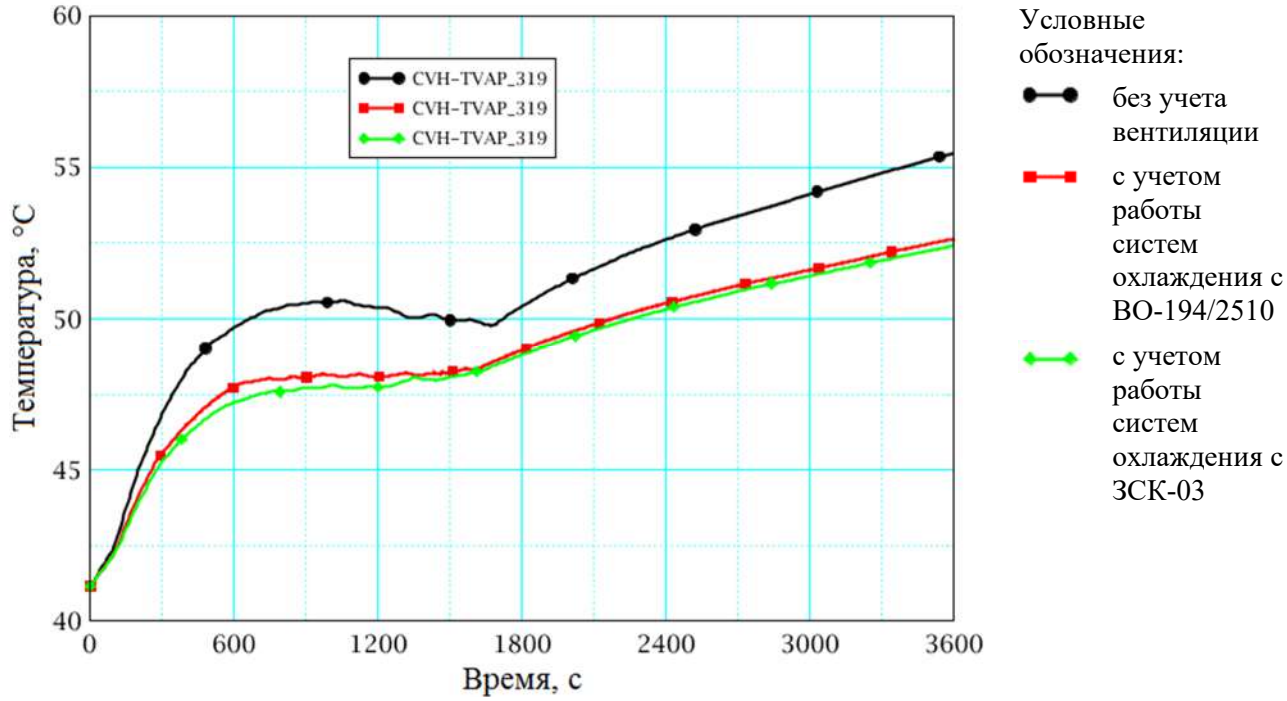


Рисунок 8.28 – График изменения температуры среды в центральном зале ГА701

Расчеты показали, что воздухоохладители ЗСК-03 и ВО-180/2510/350 в режиме нормальной эксплуатации обеспечивают температуру воздуха в боксах ПГ и помещении ГА701 в среднем на 8 °С ниже, чем воздухоохладители ВО-194/2510, при снижении расхода технической воды группы «А» до 50% проектного значения температура воздуха в обслуживаемых помещениях увеличиваются на (2-3) °С, что некритично.

Расчетные значения температуры воздуха в центральном зале соответствуют проектным значениям, приведенным в таблице 1.13. Превышение проектных параметров среды в гермооболочке (см. таблицу 5.1) возможно только в одном непроектном режиме (в таблице 8.7 значение выделено полужирным шрифтом красного цвета).

При установке воздухоохладителей по [196], [197] возможна подача рабочей воды от ПЭМ UX11H01 на все воздухоохладители систем TL01, TL04, TL05 постоянно, что повысит надежность эксплуатации систем охлаждения гермооболочки.

Результаты расчетных анализов показывают, что работа систем охлаждения гермооболочки при «малой» течи влияет на давление и температуру, отсутствует существенная разница между вариантами расчетов с различными воздухоохладителями, что обусловлено похожими характеристиками. С увеличением диаметра течи влияние систем вентиляции будет уменьшаться.

На основании результатов расчетных анализов можно сделать следующие заключения:

– работа систем TL01-05 эффективна в режимах «малой» течи;

– замена воздухоохладителей не приведет к снижению эффективности работы систем охлаждения гермооболочки.

Воздухоохладители, установленные на системах охлаждения TL01, TL03, TL04, TL05 блоков № 1, 2, прошли опытную эксплуатацию, во время которой в течение двух лет дистанционно ежемесячно измерялись:

– температура технической воды группы «А» и «В»;

– температура рабочей воды от ПЭМ UX11H01;

– температура воздуха на выходе вентиляторов;

– температура воздуха в обслуживаемых помещениях;

– температура воздуха на выходе из верхнего блока;

– температура бетона шахты реактора.

Акты испытаний были обработаны, по максимальному среднему арифметическому значению разности температур воздуха на выходе вентилятора и средней температуры воды для приемочных испытаний были выбраны две группы воздухоохладителей.

После измерения переносными СИ параметров двух групп воздухоохладителей при состоянии РУ «Работа на мощности» были рассчитаны значения коэффициента теплопередачи воздухоохладителей, которые имели значение 97% и 98% от значения этого же параметра, определенного по формуле (8.7).

На основании актов приемочных испытаний воздухоохладители систем охлаждения TL01, TL03, TL04, TL05 были введены в промышленную эксплуатацию, было оформлено техническое решение о распространении «пилотной» модификации и выполнялась замена воздухоохладителей на системах охлаждения других блоков.

8.3 Арматура

8.3.1 Клапаны герметичные вентиляционные

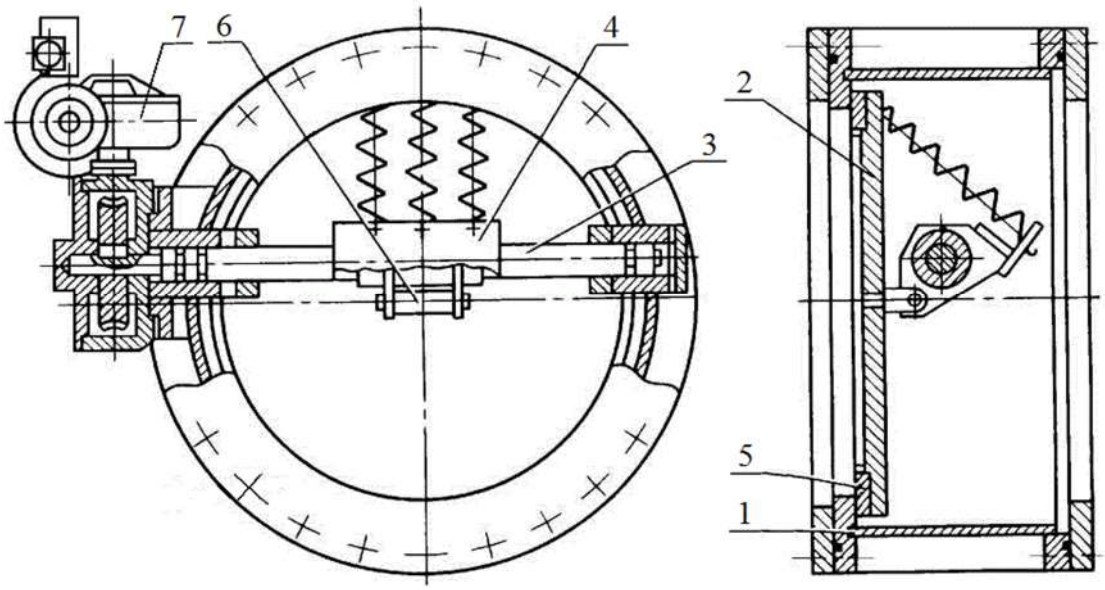
В состав вытяжных систем вентиляции ЗКД и аварийной приточной системы вентиляции БПУ входят клапаны герметичные вентиляционные с электроприводом:

– на блоках № 1-3 – марки ИА 01017 производства ИФАЗ;

– на блоках № 4-6 – марки DE производства Румынии.

Условный проход клапанов герметичных вентиляционных от 200 мм до 1400 мм, рабочее давление 0,005 МПа (0,05 кгс/см^2), класс герметичности I по [198].

Устройство клапана герметичного вентиляционного показано на рис. 8.29.



Условные обозначения: 1 – корпус; 2 – тарель; 3 – вал клапана; 4 – рычаг;
5 – уплотнительное кольцо; 6 – ось; 7 – электропривод с редуктором.

Рисунок 8.29 – Клапан герметичный вентиляционный

При открытии клапана электропривод передает вращение валу, соединенному с тарелью. В начале поворота вала тарель отходит от седла корпуса и поворачивается, что достигается посредством пружин.

При дальнейшем повороте вала тарель совместно с рычагом устанавливается параллельно оси клапана, открывая проход для среды. Поворот вала прекращается при срабатывании концевого выключателя, который разрывает цепь питания электропривода.

Закрытие клапана происходит в порядке, обратном открытию. Тарель сначала поворачивается на 90°; становится напротив седла; затем при дальнейшем повороте вала прижимается к седлу. Поворот вала прекращается при срабатывании муфты ограничения крутящего момента, которая воздействует на микропереключатель, при этом разрывается цепь питания электропривода.

При длительной эксплуатации клапанов герметичных вентиляционных появляются трещины и разрывы уплотнительных колец, снижается усилие пружин, что приводит к появлению утечек воздуха через уплотнения клапанов. Неоднократно имели место случаи превышения контрольных уровней газоаэрозольных выбросов в венттрубы из-за утечек воздуха через уплотнения клапанов герметичных вентиляционных TL21S08 и TL23S05.

Для предотвращения утечек воздуха через уплотнения клапанов герметичных вентиляционных выполнены следующие организационно-технические мероприятия:

– на воздуховодах рядом с клапанами TL21S08 (см. рис. Е.1, Е.2) и TL23S05 (см. рис. 3.9) выполнены люки для доступа ремонтного персонала к уплотнительным кольцам и пружинам указанных клапанов;

– перед ППР блока выполняется проверка герметичности указанных клапанов с применением переносных фонарей на просвет.

8.3.2 Клапаны воздушные комбинированные запорно-обратные

Клапаны воздушные комбинированные запорно-обратные работают по следующему алгоритму:

– при включении вентилятора клапан открывается электроприводом;

– при отключении вентилятора клапан закрывается под действием противовеса, тарель затем уплотняется электроприводом;

– при обесточении клапан закрывается под действием противовеса.

Обратите внимание, что на блоках № 4-6 установлены клапаны запорно-обратные производства ПО «Казтяжпромарматура» (г. Усть-Каменогорск). Конструкция их разработана АО «НПФ «ЦКБА» и оказалась неудачной по причинам:

– клапаны предназначались не только для АС с реактором ВВЭР-1000, но и для нового проекта АЭС-2006, в котором предполагалось оборудование систем охлаждения герметичной части разместить в отдельном полуобслуживаемом помещении, из-за чего рабочее давление воздуха было назначено 2,5 кгс/см^2 и нормировано значение протечек воздуха по валу;

– из-за увеличения рабочего давления воздуха с 0,05 кгс/см^2 (у фирмы Th. Jansen) до 2,5 кгс/см^2 увеличена толщина тарели с 8 мм до 20 мм с увеличением ее массы;

– увеличен эксцентриситет тарели по сравнению с клапаном фирмы Th. Jansen;

– на валу установлены резиновые уплотнительные втулки, которые в результате старения резины создают дополнительный и непредсказуемый момент трения.

В таблице 8.8 приведена сравнительная таблица фактических значений коэффициента местного сопротивления (КМС) клапанов разных производителей.

Таблица 8.8

Клапаны производства Th. Jansen						
Блок	№ 1		№ 2		№ 3	
Значение КМС (в паспортах не указано)	среднее	макс.	среднее	макс.	среднее	макс.
Dy 1000	3,6	7,5	2,9	5,9	2,6	3,7
Dy 1200	3,2	4,7	0,9	2,2	2,1	2,7
Клапаны производства ПО «Казтяжпромарматура»						
Блок	№ 4		№ 5		№ 6	
Значение КМС	среднее	макс.	среднее	макс.	среднее	макс.
Dy 1000 (по паспорту 1,7)	17,1	32	17,3	28,6	16,4	28,2
Dy 1200 (по паспорту 1,4)	9,9	19,4	7,4	12,0	6,3	16,7

У клапанов производства ПО «Казтяжпромарматура» имеют место многочисленные отказы как по самим затворам (растягиваются пружины, разбухают под действием аэрозолей масла резиновые уплотнительные кольца), так и по электроприводам (закусывание и обрыв тросов). Часто клапаны при включении или отключении вентилятора зависают в промежуточном положении, для открытия или закрытия оперативному персоналу необходимо приложить дополнительное усилие.

Устройство клапанов воздушных комбинированных запорно-обратных показано:

– фирмы Th. Jansen – на рис. 8.30;

– марки К99074 – на рис. 8.31.

На Запорожской АЭС можно демонтировать из состава систем вентиляции TL02, TL04 клапаны воздушные комбинированные запорно-обратные (см. 3.2 настоящего пособия):

– Dy 1000 Py 0,05 фирмы Th. Jansen (чертеж 141226.15.0.A) – 6 шт.;

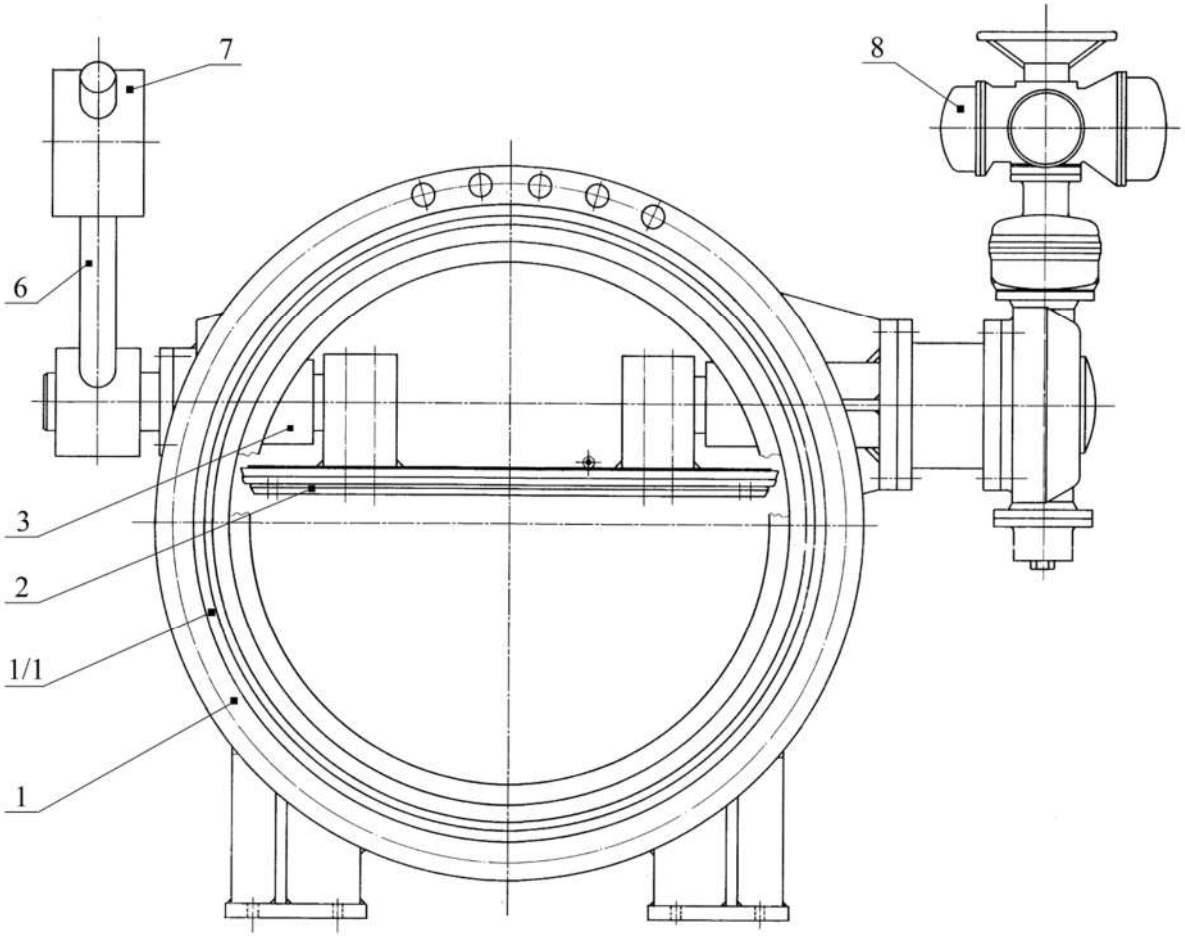
– Dy 1000 Py 2,5 марки К99074-1000 – 6 шт.;

– Dy 1200 Py 0,05 фирмы Th. Jansen (чертеж 141226.17.0.B) – 9 шт.;

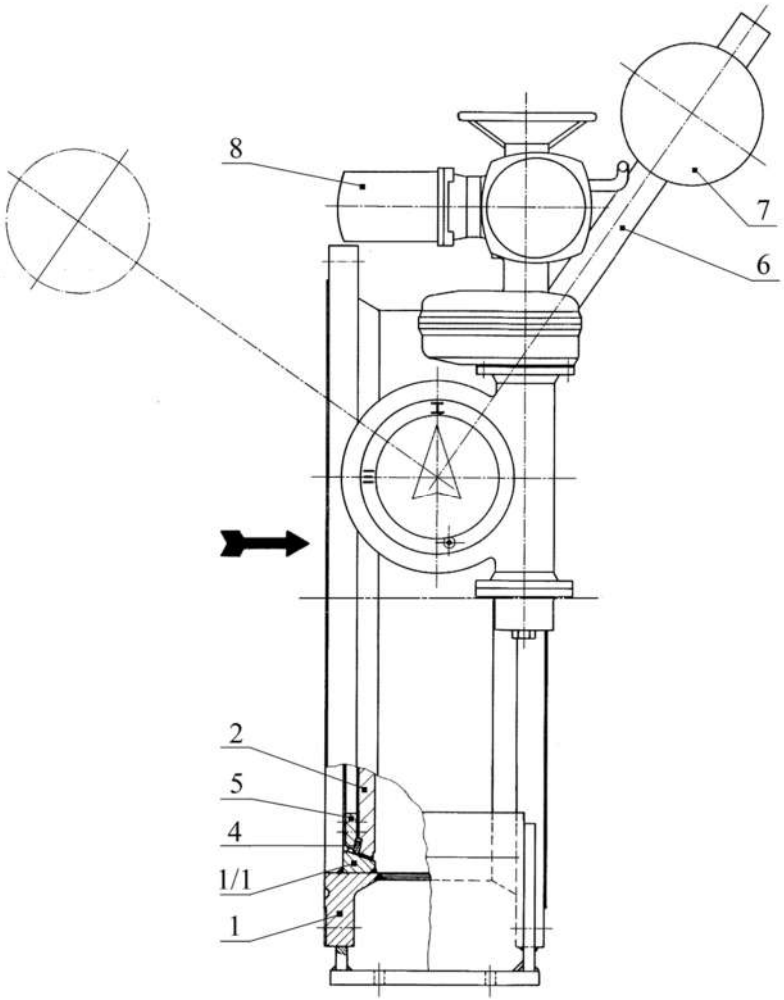
– Dy 1200 Py 2,5 марки К99074-1200 – 9 шт.

После их ремонта и модернизации часть их можно установить на системах вентиляции TL01, TL03, TL05 блоков № 4-6 с заменой существующих клапанов К99074-1000 и К99074-1200, а также с изменением схем управления и сигнализации.

Но такой объем модернизации в настоящее время Запорожской АЭС не по силам.



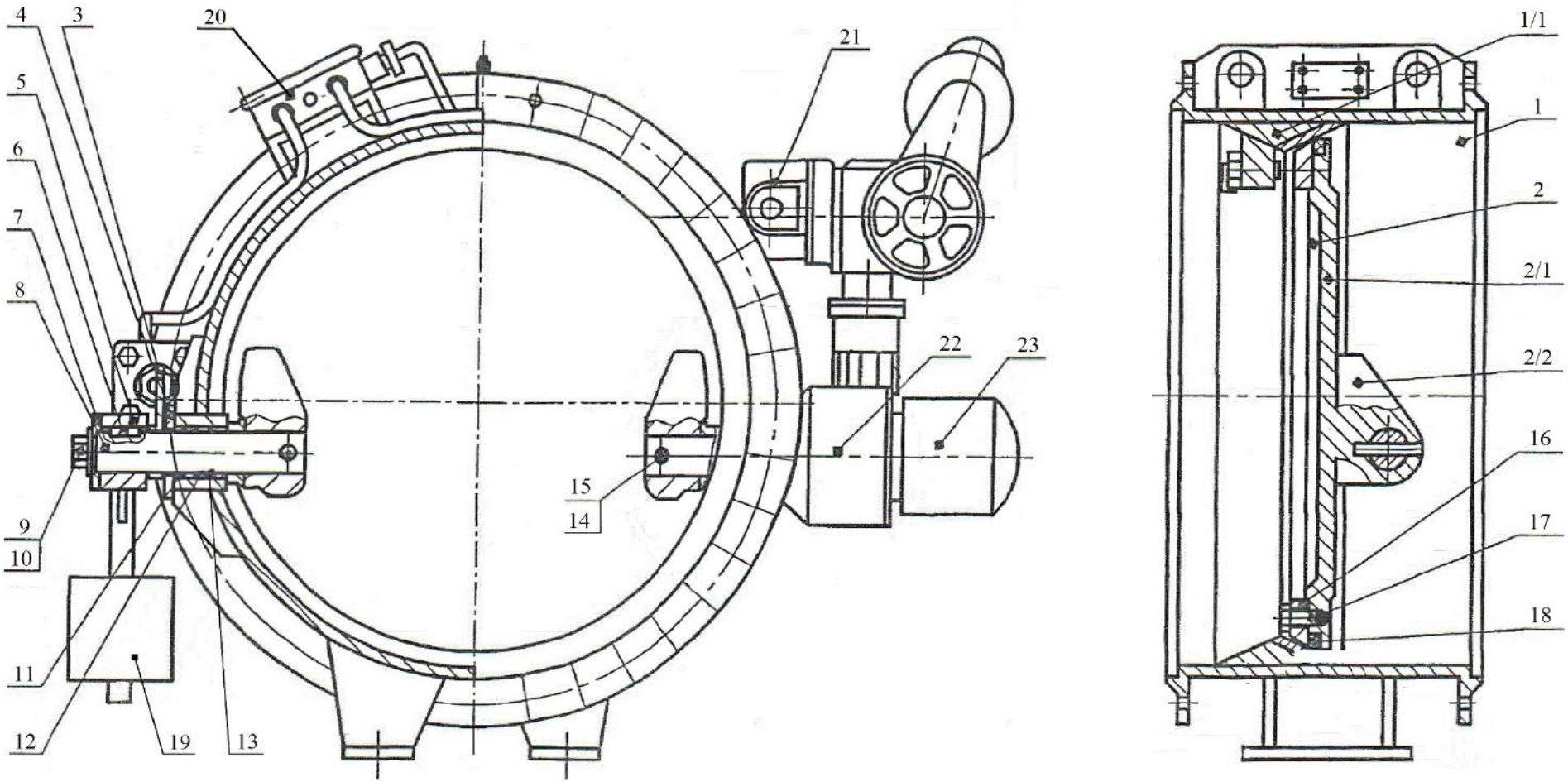
Примечание 1 – тарель в открытом положении.



Примечание 2 – тарель в закрытом положении, штрихпунктирной линией показано положение противовеса при открытом положении тарели.

Условные обозначения: 1 – корпус; 1/1 – седло клапана; 2 – тарель; 3 – полуось; 4 – кольцо уплотнительное; 5 – кольцо прижимное; 6 – рычаг; 7 – противовес; 8 – электропривод.

Рисунок 8.30 – Клапан воздушный комбинированный запорно-обратный фирмы Th. Jansen



Условные обозначения: 1 – корпус; 1/1 – седло корпуса; 2 – захлопка; 2/1 – диск; 2/2 – проушина; 3 – стрелка; 4 – кольцо; 5 – рычаг; 6 – шпонка; 7 – крышка; 8 – ось; 9, 10 – метизы; 11, 12 – втулки; 13, 18 – кольца уплотнительные; 14 – шайба компенсирующая; 15 – штифт; 16 – кольцо прижимное; 19 – противовес; 20 – коробка электрораспределительная; 21 – электропривод; 22 – муфта электромагнитная; 23 – электромагнит.

Рисунок 8.31 – Клапан воздушный комбинированный запорно-обратный К99074

8.3.3 Клапаны локализующие

Согласно рабочей документации, в месте прохода воздуховодов через гермооболочку установлена локализующая арматура. Она показана на принципиальных схемах блоков № 1, 5 (см. приложение Е), марки установленной локализующей арматуры приведены в таблице 8.9.

Локализующая арматура по чертежу 140952.09.0 производства Th. Jansen была снята из транспортного коридора блоков № 1, 2 и установлена на блоках № 5, 6 (оперативное обозначение TL22S07, S08; TL42S01, S02) согласно рабочей документации.

Технические характеристики локализующей арматуры приведены в таблице 8.10.

В установочных чертежах локализующей арматуры имелась запись:

«После установки на место арматуры узел испытать сжатым воздухом давлением 4,6 кгс/см^2. Штуцер Dy15 для пневмоиспытаний приварить в соответствии с ОСТ 34-215-73. После испытания штуцер заглушить».

По чертежу ГРП на штуцерах для пневмоиспытаний установлены последовательно по два вентиля на одну группу локализующей арматуры.

Обратите внимание на то, что локализующая арматура производства Th. Jansen рассчитана на воздействие избыточного давления среды 0,5 МПа (5 кгс/см^2) на тарель и под тарель.

А локализующая арматура производства ИФАЗ и ПО Казтяжпромарматура рассчитана на воздействие избыточного давления среды 0,5 МПа (5 кгс/см^2) на тарель и 0,05 МПа (0,5 кгс/см^2) под тарель.

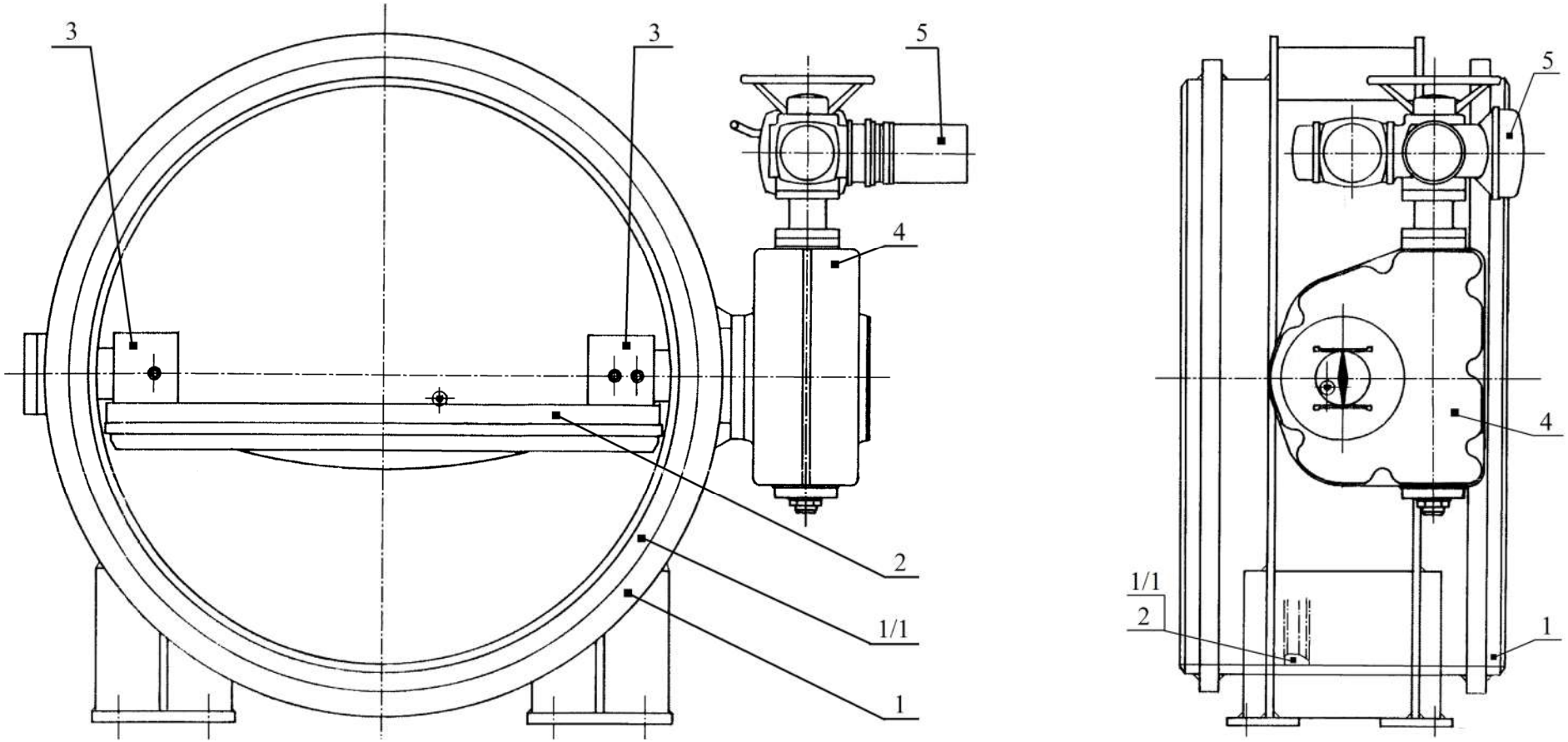
Поэтому при периодических проверках герметичности локализующей арматуры в трубопроводы между двумя клапанами герметичными подается сжатый воздух под давлением:

- на блоках № 1, 2 – 0,5 МПа (5 кгс/см^2);
- на блоках № 3-6 – 0,09 МПа (0,9 кгс/см^2).

При большем давлении сжатого воздуха начинают отжиматься тарели, начинает вытекать воздух через образовавшиеся неплотности.

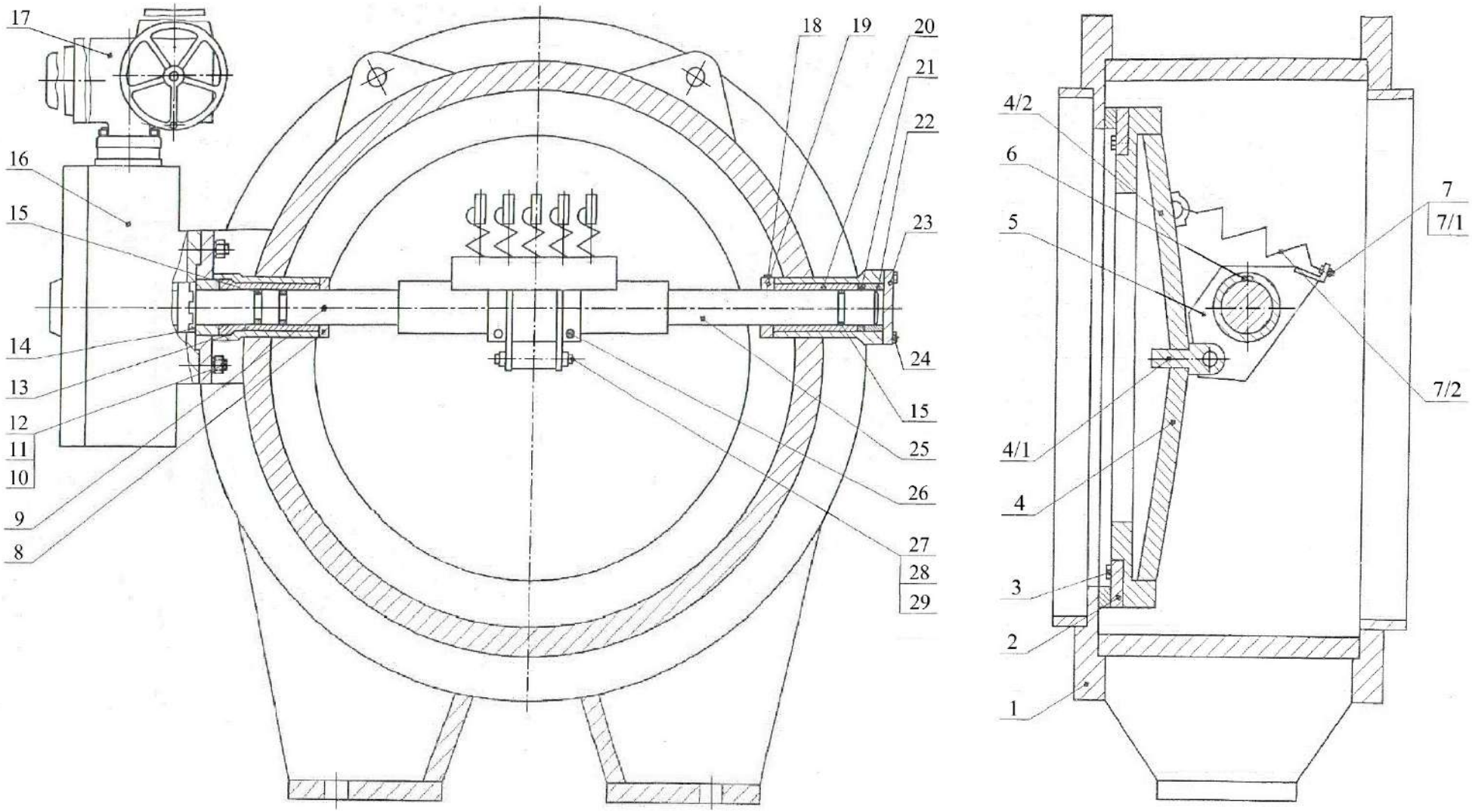
Устройство клапанов локализующих показано:

- фирмы Th. Jansen – на рис. 8.32;
- марки К01019 – на рис. 8.33.



Условные обозначения: 1 – корпус; 1/1 – седло клапана; 2 – тарель; 3 – полуось; 4 – редуктор; 5 – электропривод.

Рисунок 8.32 – Клапан локализующий фирмы Th. Jansen



Условные обозначения: 1 – корпус; 2 – кольцо; 3, 6, 7/1, 9-12, 18; 24, 26, 28, 29 – метизы; 4 – затвор; 4/1 – проушина; 4/2 – тарель; 5 – рычаг; 7 – тяга, 7/2 – пружина; 8 – ограничитель; 13 – втулка; 14 – втулка кулачковая; 15 – кольцо уплотнительное; 16 – редуктор; 17 – электропривод; 19 – кольцо установочное; 20 – втулка; 21 – прокладка; 22 – втулка опорная; 23 – крышка; 25 – вал; 27 – ось.

Рисунок 8.33 – Клапан локализующий марки К01019

Таблица 8.9

Оперативное обозначение	Параметр и единица измерения	Номер блока					
		1	2	3	4	5	6
TL21S10-S15; TL41S03, S04; TL41S07, S08; TL41S11, S12	Обозначение (номер чертежа)	140950.03.0			К01019-1600		
	Производитель	Th. Jansen			ПО Каштяжпромарматура		
	Проход условный D_y, мм	1600					
TL22S07, S08; TL42S01, S02	Обозначение (номер чертежа)	140952.09.0		К1020-400		140952.09.0	
	Производитель	Th. Jansen		ИФАЗ		Th. Jansen	
	Проход условный D_y, мм	400					
TL22S09; TL42S03	Обозначение (номер чертежа)	140952.09.0		К1020-400			
	Производитель	Th. Jansen		ИФАЗ			
	Проход условный D_y, мм	400					
TL27S06, S07; TL27S09, S10; TL27S12, S13; TL27S15, S16; TL27S18, S19; TL27S21, S22	Обозначение (номер чертежа)	140952.09.0		К1020-400			
	Производитель	Th. Jansen		ИФАЗ			
	Проход условный D_y, мм	400					
TL27S11 (выведен из работы)	Обозначение (номер чертежа)	-	140952.09.0	-			
	Производитель	-	Th. Jansen	-			
	Проход условный D_y, мм	-	400	-			
TL27S17 (выведен из работы)	Обозначение (номер чертежа)	140952.09.0	-	-			
	Производитель	Th. Jansen	-	-			
	Проход условный D_y, мм	400	-	-			
TL27S05, S08; TL27S11, S14; TL27S17, S20 (выведены из работы)	Обозначение (номер чертежа)	-		К1020-400		-	
	Производитель	-		ИФАЗ		-	
	Проход условный D_y, мм	-		400		-	

Оперативное обозначение	Параметр и единица измерения	Номер блока					
		1	2	3	4	5	6
TL48S10, S11	Обозначение (номер чертежа)	ИА01017-200					
	Производитель	ИФАЗ					
	Проход условный D_y, мм	200					

Таблица 8.10

Параметр и единица измерения		Значение для клапана с обозначением (номером чертежа)				
		140952.09.0	140950.03.0	ИА01017-200	К1020-400	К01019-1600
Производитель		Th. Jansen		ИФАЗ		ПО Каштяжпром-арматура
Проход условный D_y, мм		400	1600	200	400	1600
Давление, МПа (кгс/см^2)	рабочее	0,05 (0,5)		0,005 (0,05)		
	аварийное на тарель	0,5 (5)		0,5 (5)		
	послеаварийное под тарель	0,5 (5)		0,05 (0,5)		
Среда рабочая		Радиоактивный воздух без технических примесей				
Температура рабочей среды, °С						
в номинальном режиме		60				
в аварийном режиме		150				
Допустимые протечки в затворе, л/мин		0,07[1)]	0,3[1)]	0,015	0,06	0,55
Электропривод		AUMA SAN6-E63	AUMA SAN25-E90	ТЭ 099.205	ТЭ 099.205-01	ТЭ 099.193-10
Время открытия и закрытия, с, не более		9	50	2	10	50

[1)] В паспорте клапана данные отсутствуют, величина протечки принята по таблице 3 [198], как для арматуры класса герметичности С.

8.3.4 Клапаны обратные

Согласно рабочей документации, на воздуховодах систем вентиляции установлены обратные клапаны, изготовленные по типовым сериям:

– ОВ-02-154;
– 3.904-1 (во взрывобезопасном исполнении);
– 1.494-28;
– 3.904-18 (в искрозащищенном исполнении).

Рабочее давление воздуха для указанных клапанов – 1000 Па, протечки через закрытые лопатки по [114] не регламентируются, по этой причине регулярно наблюдалось обратное вращение резервных вентиляторов.

При модернизации систем кондиционирования воздуха и систем приточной противодымной вентиляции были установлены:

– клапаны обратные сейсмостойкие КОПв, КОПг по [199] производства ПАО «Завод «Экватор»;
– клапаны обратные НЕРПА КО и Тюльпан 1 по [200] производства ООО «Веза-Украина».

Рабочее давление воздуха для клапанов:

– КОПв, КОПг – 1000 Па;
– НЕРПА КО – 10 000 Па.

Класс клапанов КОПв, КОПг, НЕРПА КО Тюльпан 1 по протечкам через закрытые лопатки согласно [114] – 1.

8.3.5 Клапаны воздушные утепленные

Согласно рабочей документации, на стенах воздухозаборных камер приточных систем вентиляции и систем приточной противодымной вентиляции установлены клапаны воздушные утепленные по [201], [202]:

– КВУ 600х1000АУ2 с электроприводом МЭО-16/25-0,25и;
– КВУ 2400х1000АУ4 с электроприводом МЭО-100/25-0,25-68;
– П1600х1000э с электроприводом МЭО-63/16-0,25-64;
– КВУ 1800х1400АУ4 с электроприводом МЭО-63/16-0,25-68;
– КВУ 1600х1000АУ4 с электроприводом МЭО-63/16-0,25-68.

В рабочей документации предусмотрена подача напряжения на ТЭН в течение 3 минут при температуре наружного воздуха менее 3 °С.

В схемах вторичной коммутации реле времени предусмотрено, но клеммы для подключения ТЭН и кабельные связи к ним отсутствуют.

За время эксплуатации блоков Запорожской АЭС ни одного случая смерзания створок клапанов воздушных утепленных не отмечено.

При модернизации систем приточной противодымной вентиляции были установлены клапаны ГЕРМИК-П 1600х1000-2хSM-230А-УХЛ2-П по [203].

В их конструкции ТЭН не нужны, класс клапанов по протечкам через закрытые лопатки согласно [114] – 1.

8.3.6 Заслонки воздушные

Согласно рабочей документации, на воздуховодах систем вентиляции установлены заслонки воздушные унифицированные по [204], [205]:

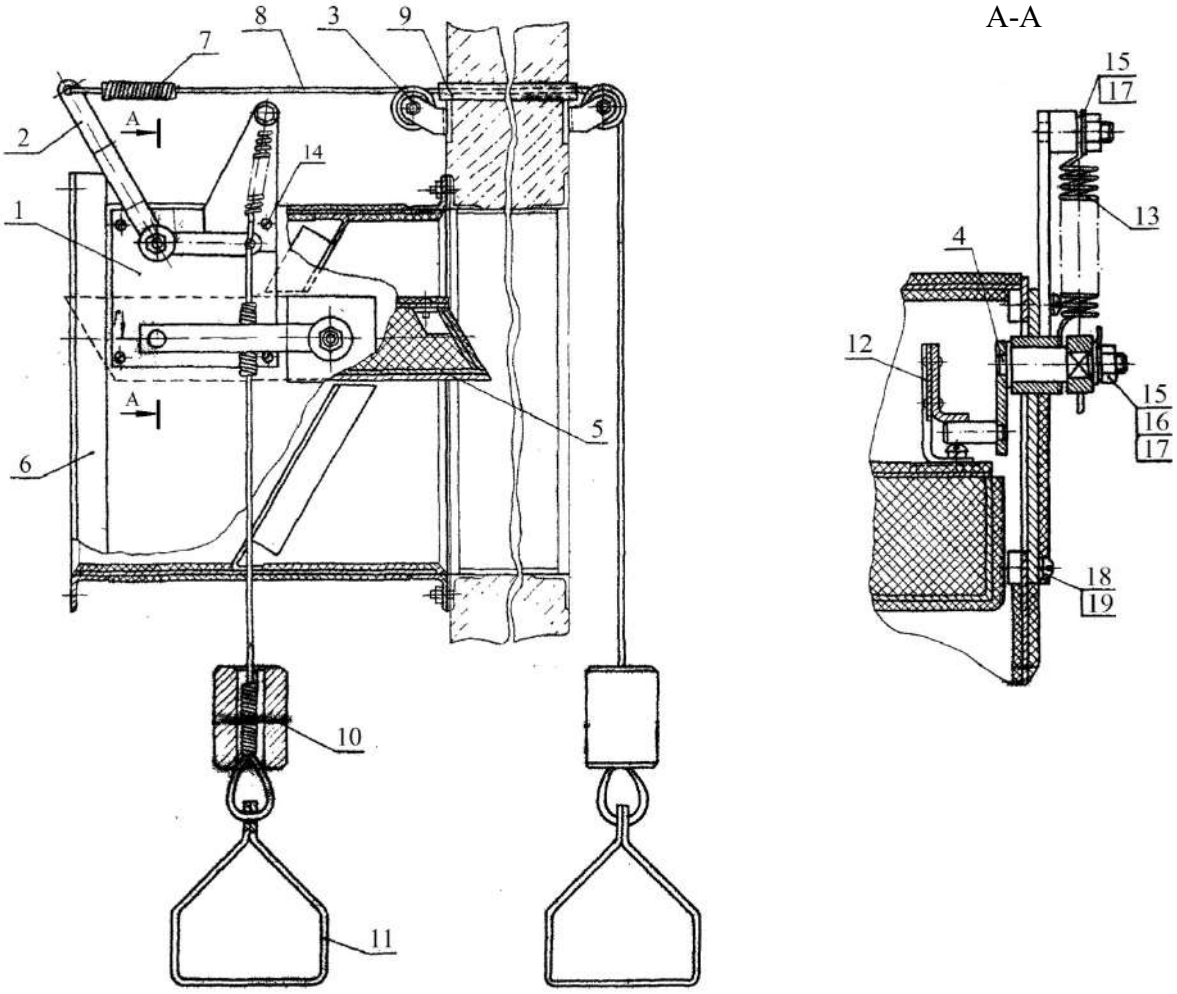
– круглого и прямоугольного сечения;
– с электроприводом и ручным приводом.

Рабочее давление воздуха для указанных заслонок – 1000 Па, протечки через закрытые лопатки по [114] не регламентируются, по этой причине регулярно наблюдалось обратное вращение резервных вентиляторов.

8.3.7 Клапаны противопожарные и дымовые

На блоках № 1-4 по первоначальному проекту на воздуховодах систем вентиляции была предусмотрена установка огнезадерживающих клапанов по типовой серии ОВ-02-155 (введена в действие в 1966 году) без указания в ней предела огнестойкости клапанов.

На блоках № 5, 6 по первоначальному проекту на воздуховодах систем вентиляции была предусмотрена установка огнезадерживающих клапанов по типовой серии 5.904-20 (предел огнестойкости 1,2 ч), их конструкция показана на рис. 8.34.



Условные обозначения: 1 – крышка; 2 – рычаг; 3 – ролик; 4 – фиксатор; 5 – полотно; 6 – корпус; 7 – проволока; 8 – канат; 9 – труба; 10 – груз; 11 – ручка; 12 – замок; 13 – пружина; 14-19 – метизы.

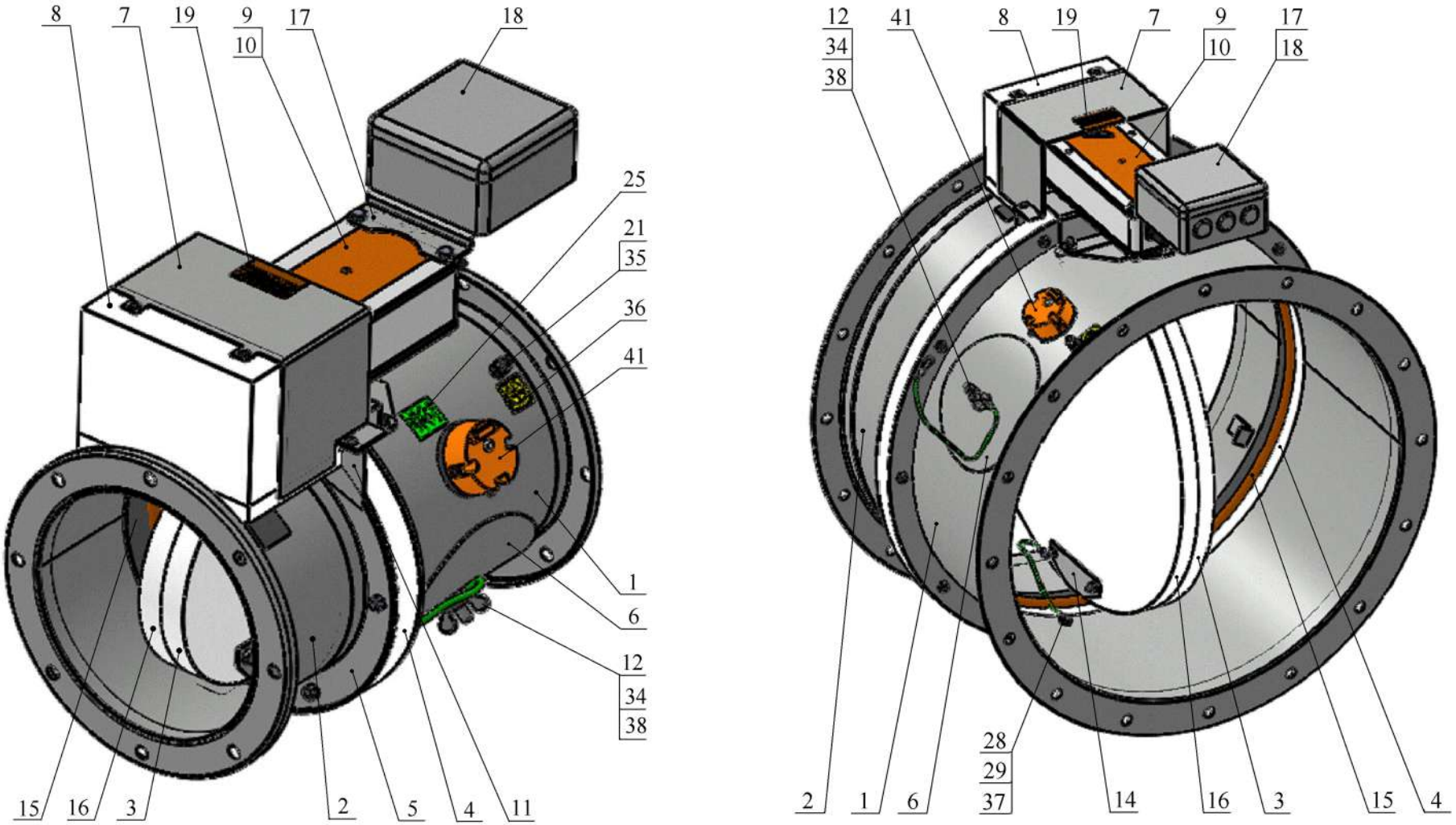
Рисунок 8.34 – Клапан огнезадерживающий по типовой серии 5.904-20

Клапан огнезадерживающий по типовой серии 5.904-20 представляет собой корпус, в подшипниках которого закреплено полотно. Установка и закрепление полотна в открытом положении осуществляется поворотной рукояткой, фиксирование – поворотом рычага с фиксатором под замок, детали которого спаяны легкоплавким сплавом с температурой плавления 72 °С. Самопроизвольному возврату рычага с фиксатором препятствует пружина.

При возникновении пожара и повышении температуры воздуха более 72 °С плавкий припой расплавляется и освобожденное полотно под воздействием силы тяжести перекрывает проходное сечение клапана. При необходимости клапан закрывается вручную посредством тросов с ручками с любой стороны противопожарной стены.

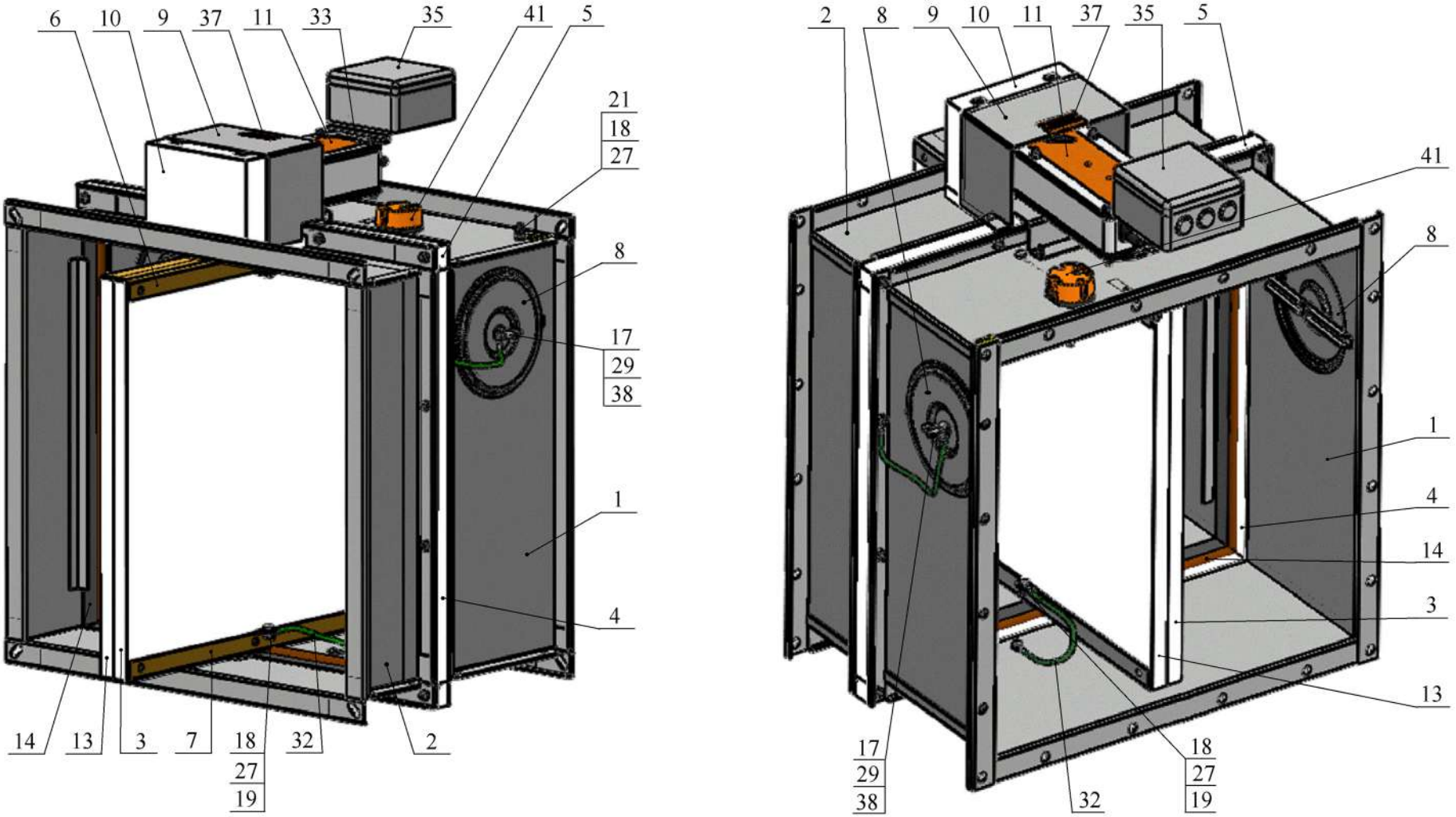
В своде правил [49] указано требование об открытии или закрытии клапанов противопожарных и дымовых автоматически и дистанционно, т.е. клапаны с ручным приводом в настоящее время устанавливать нельзя.

Конструкция современных клапанов противопожарных (дымовых) PKTMD (120) производства «Mandik a.s.» показана на рис. 8.35, 8.36.



Условные обозначения: 1 – корпус 1; 2 – корпус 2; 3 – заслонка; 4 – термоизолирующая вставка; 5, 11 – выравнивающие листы; 6 – ревизионный лючок; 7, 8 – кожух электропривода; 9 – электропривод; 10 – пластина; 12 – кронштейн; 13, 14 – накладки; 15 – вспучивающаяся теплоизоляционная лента; 16 – силиконовый уплотнитель; 17 – пластина под клеммную коробку; 18 – клеммная коробка; 19 – наклейка «Край замуровки»; 20-24 – метизы; 25 – наклейка «t max»; 26-35 – метизы; 36, 38 – наклейка универсальная; 37 – кабель соединительный; 39, 40 – метизы; 41 – термоэлектрическое отключающее устройство.

Рисунок 8.35 – Клапан противопожарный (дымовой) PKTMD (120) круглого сечения



Условные обозначения: 1 – корпус 1; 2 – корпус 2; 3 – заслонка; 4 – термоизолирующая вставка 1; 5 – термоизолирующая вставка 2; 6, 7 – накладка на заслонку с втулкой; 8 – ревизионный лючок; 9 – кожух электропривода; 10 – кожух электропривода – задняя часть; 11 – электропривод; 12 – пластина под электропривод; 13 – силиконовый уплотнитель; 14 – вспучивающаяся теплоизоляционная лента; 15-31, 34 – метизы; 32, 38 – кабели соединительные; 33 – пластина под клеммную коробку; 35 – клеммная коробка; 36 – наклейка «t max»; 37 – наклейка «Край замуровки»; 39 – уплотнитель ревизионного лючка; 40 – наклейка универсальная; 41 – термоэлектрическое отключающее устройство.

Рисунок 8.36 – Клапан противопожарный (дымовой) PKTMD (120) прямоугольного сечения

Клапаны PKTMD (120) состоят из стальных корпусов, термоизолирующих вставок, заслонок, электроприводов и крепежных элементов.

На клапаны противопожарные нормально открытые дополнительно устанавливаются термоэлектрические отключающие устройства BAE 72B-S, в состав которых входят термопрерыватели:

– Tf1 – контакты размыкаются при температуре окружающего воздуха более 72 °С;

– Tf2/Tf3 – контакты размыкаются при температуре воздуха в корпусах клапанов более 72 °С.

Термоизолирующие вставки и заслонки выполнены из безасбестового материала. На термоизолирующих вставках по контуру примыкания заслонок наклеена вспучивающаяся теплоизоляционная лента. На заслонках по контуру наклеено силиконовое уплотнение из ленты шириной 30 мм.

Заслонки установлены в термоизолирующей вставке на осях, вращающихся в подшипниках скольжения. Во вращательное движение заслонки приводятся электроприводами. Подключение электроприводов осуществляется через клеммные коробки. На корпусах клапанов устанавливаются болты заземления. На электроприводы и клеммные коробки электроприводов клапанов дымовых (по заказу – и клапанов противопожарных) устанавливаются огнезащитные кожухи с пределом огнестойкости не менее Е 60.

В конструкции клапанов применены двухпозиционные электроприводы:

– клапанов противопожарных нормально открытых – электроприводы с возвратной пружиной и термоэлектрическими отключающими устройствами;

– клапанов противопожарных нормально закрытых – электроприводы с возвратной пружиной без термоэлектрических отключающих устройств;

– клапанов противопожарных двойного действия и дымовых – без возвратной пружины и термоэлектрических отключающих устройств.

Контроль положения заслонок осуществляется по указателям на корпусах электроприводов.

В режиме дежурства заслонки при подаче напряжения на электроприводы:

– клапаны противопожарные нормально открытые – открываются и удерживаются электроприводами в открытом положении;

– клапаны противопожарные нормально закрытые – закрываются и удерживаются электроприводами в закрытом положении;

При пожаре с электроприводов клапанов противопожарных снимается напряжение:

– вручную нажатием кнопок на пультах или щитах (шкафах) управления;

– при срабатывании АПС;

– вручную нажатием кнопок на термоэлектрических отключающих устройствах (только на клапанах противопожарных нормально открытых).

При температуре среды внутри или снаружи клапанов более 72 °С контакты термоэлектрических отключающих устройств размыкаются, снимая напряжение с электроприводов.

При снятии напряжения с электроприводов заслонки клапанов противопожарных:

– нормально открытых – закрываются;

– нормально закрытых – открываются.

Клапаны противопожарные двойного действия и клапаны дымовые открываются или закрываются электроприводом, затем напряжение с электропривода снимается.

При огневом воздействии и/или температуре воздуха и/или дыма в корпусах клапанов более 190 °С вспучивающаяся теплоизоляционная лента заполняет зазоры между заслонками и термоизолирующими вставками, не создавая препятствия для открытия, например, клапанов противопожарных двойного действия.

Конструкция клапанов противопожарных и дымовых может предусматривать вылет заслонки за пределы корпуса, как это показано на рис. 8.37.



Рисунок 8.37 – Клапан противопожарный с вылетом заслонки за пределы корпуса

Значение вылета заслонки за пределы корпуса, как правило, зависит от типоразмера клапана, вылет может быть в одну сторону, а может быть и в обе стороны.

Наличие вылета заслонки за пределы корпуса означает:

– если в рабочей документации предусмотрена установка на клапан перехода с изменением сечения воздуховода, возможно заклинивание заслонки в переходе;

– возможно заклинивание заслонки и в прямом участке воздуховода из-за его некачественного изготовления.

При необходимости установки на воздуховод или проем размером более, чем максимальные типоразмеры противопожарных и дымовых клапанов, как правило, предусматривается кассетная установка клапанов согласно рис. 8.38.

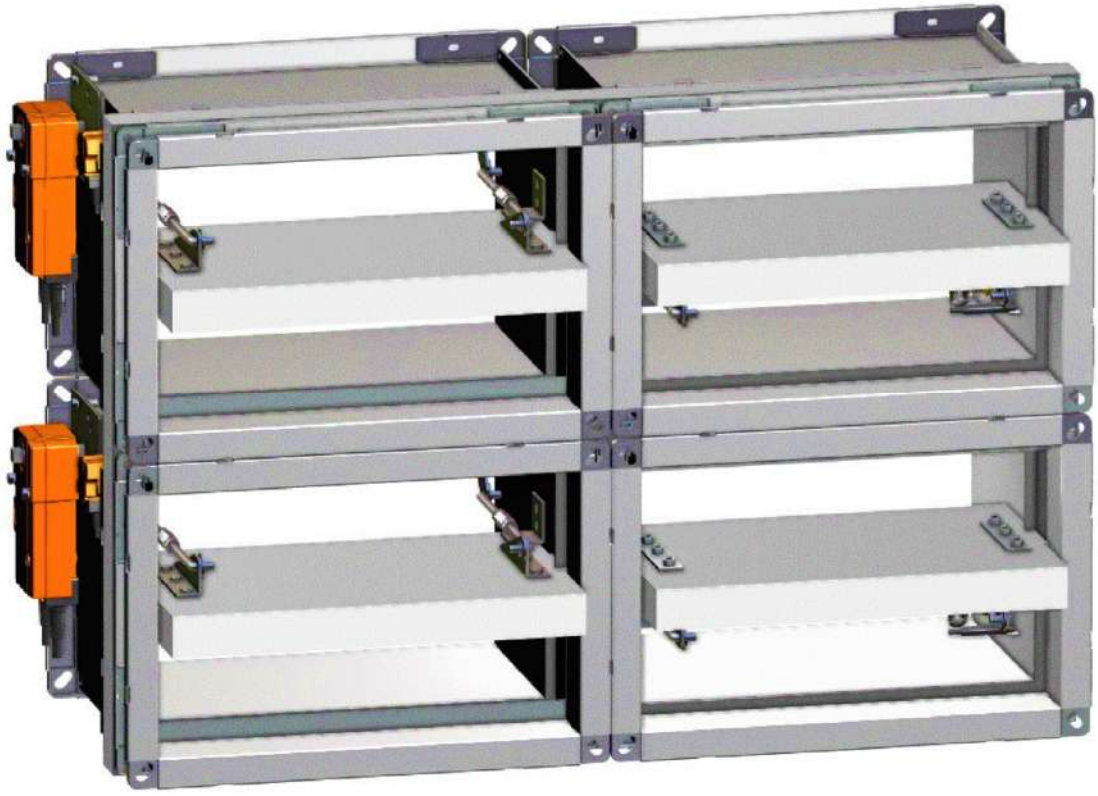


Рисунок 8.38 – Клапан противопожарный кассетного исполнения

При этом в ТУ должны быть указаны:

– максимальное количество клапанов по ширине и высоте;

– минимальные расстояния между клапанами;

– способ обеспечения нормируемого предела огнестойкости в местах стыковки клапанов.

8.3.8 Клапаны избыточного давления (КИД)

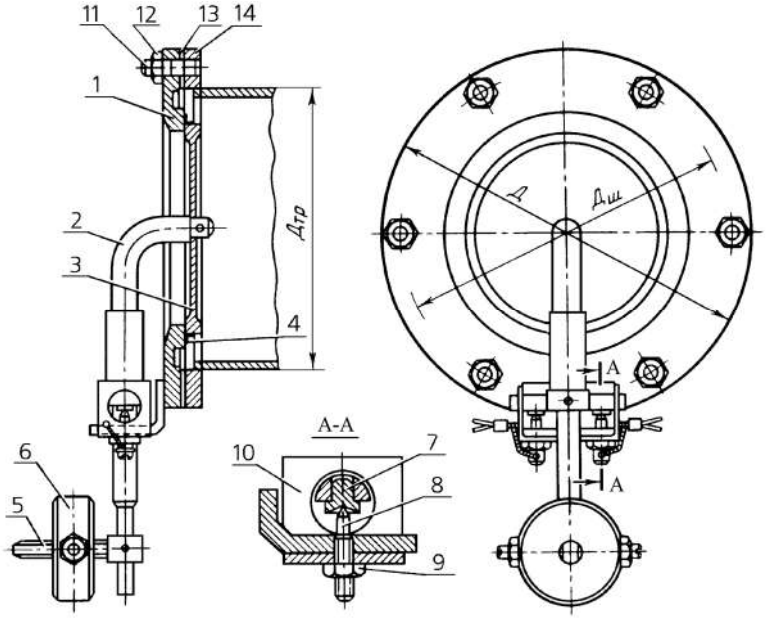
Клапаны избыточного давления (КИД) предназначены для создания разрежения в помещениях ЗКД и избыточного давления воздуха в помещениях щитов управления и других помещений, в которых оно нормируется.

КИД изготавливались по отраслевому стандарту [184].

Проектом предусмотрена установка КИД на проходках между коридорами и помещениями I и II категории радиационной опасности. При наличии разрежения в обслуживаемом помещении более установленного значения КИД открывается и перепускает воздух из коридора в обслуживаемое помещение. При снижении разрежения в обслуживаемом помещении менее установленного значения КИД закрывается.

Настройка КИД производится перемещением противовеса 6 по стержню 5, на котором выполнена шкала – (1-20) кгс/м^2 или (10-200) Па.

Общий вид КИД показан на рис. 8.39, аэродинамическая характеристика, приведенная в паспорте КИД – на рис. 8.40.



Условные обозначения:
1 – фланец с опорным кронштейном;
2 – качающаяся штанга;
3 – тарелка;
4 – резиновая уплотнительная манжета;
5 – стержень;
6 – противовес;
7 – футорка;
8 – игла;
9 – стопорная шайба;
10 – опора;
11 – шпилька;
12 – гайка;
13 – прокладка;
14 – установочный фланец

Рисунок 8.39 – Общий вид КИД по [184]

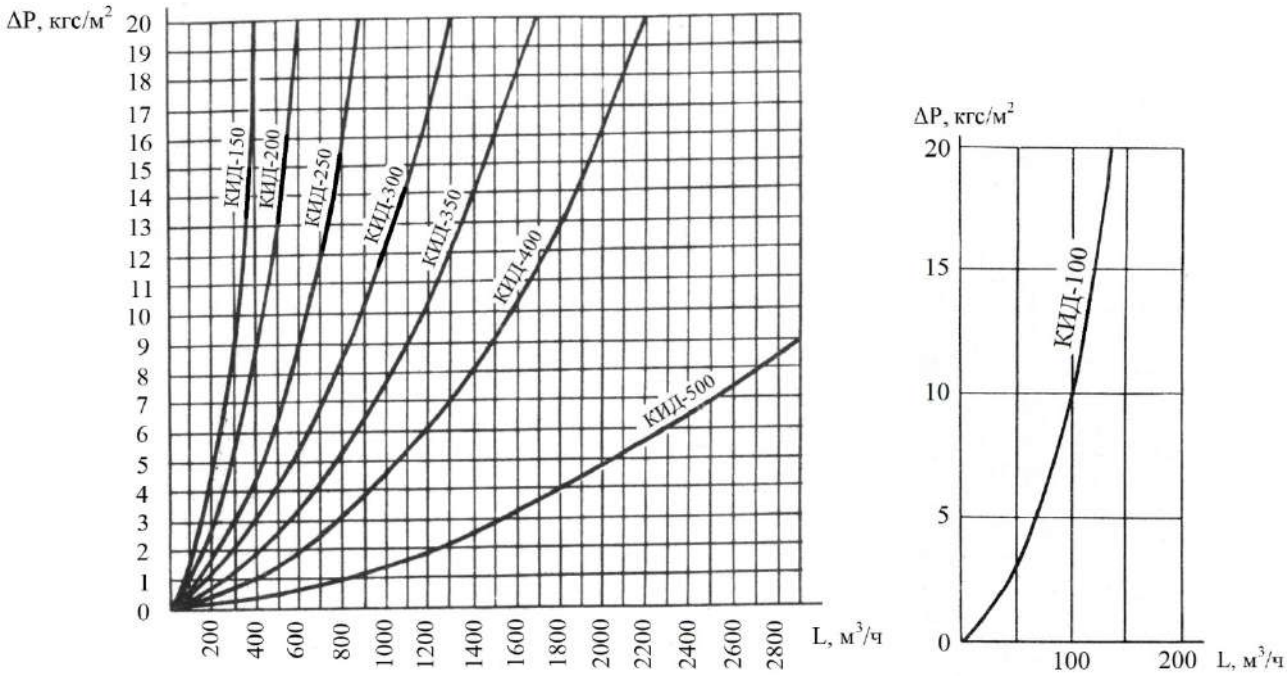


Рисунок 8.40 – Аэродинамическая характеристика КИД по [184]

На основании данной характеристики по проектному значению расхода воздуха и значению перепада давления воздуха на КИД можно определить его типоразмер.

Рассмотрим подбор типоразмера КИД на примере помещений А030/1-3, проектный расход воздуха 850 м^3/ч, нормируемое разрежение в помещении 5 кгс/м^2. На рис. 8.41 показано, что точка А, соответствующая указанным значениям, находится между линиями, отображающими характеристики КИД-350 и КИД-400.

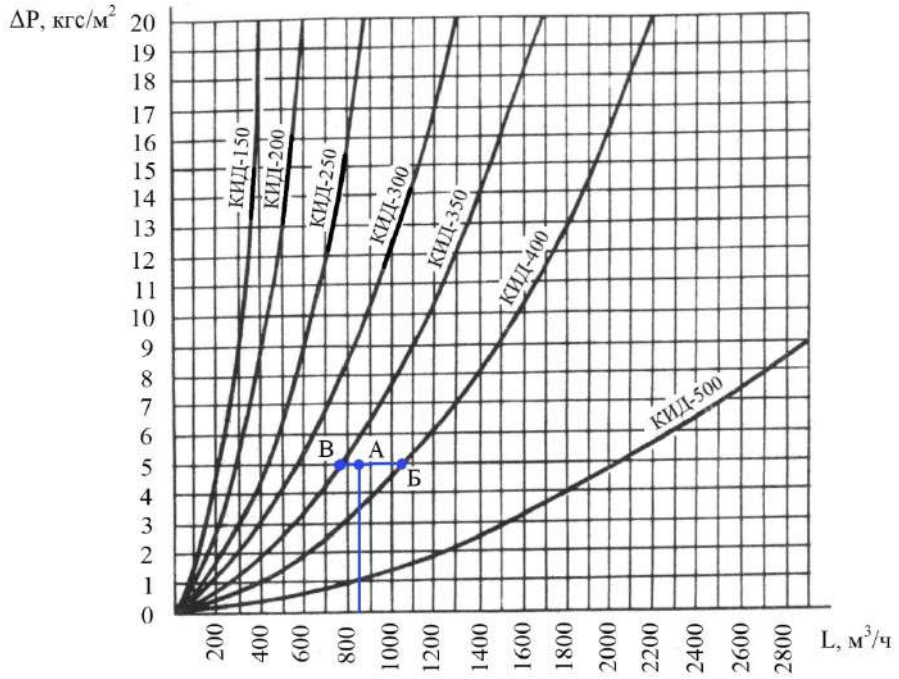
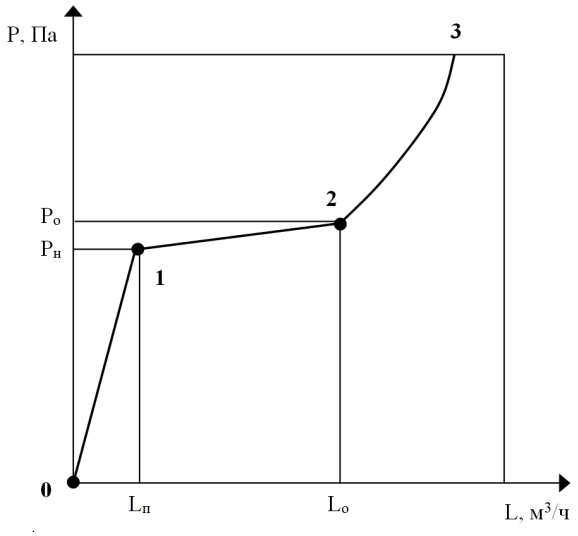


Рисунок 8.41 – Подбор КИД по [184]

В рабочей документации на стенах помещений А030/1-3 установлены КИД-400, т.е., при настройке КИД на разрежение 5 кгс/м^2 он будет открываться и закрываться.

Для полного открытия КИД необходим расход воздуха 1050 м^3/ч (соответствует точке Б на рис. 8.41). Лучшим решением была бы установка на стенах помещений А030/1-3 КИД-350 (соответствует точке В на рис. 8.41), тогда разрежение 5 кгс/м^2 будет обеспечиваться при расходе воздуха 770 м^3/ч.

ОП АЭМ разработана собственная конструкция клапанов избыточного давления, разработаны ТУ [185], они поставлены на производство. При проведении испытаний на стенде определена реальная аэродинамическая характеристика КИД, показанная на рис. 8.42.



Условные обозначения:
$L_п$ – расход воздуха при начале открытия клапана;
L_o – расход воздуха при окончании открытия клапана;
$P_н$ – давление настройки клапана;
P_o – давление при окончании открытия клапана

Рисунок 8.42 – Аэродинамическая характеристика КИД по [185]

Из рис. 8.42 видно, что аэродинамическая характеристика КИД по [185] состоит из участков:

- 0-1 – линейного;
- 1-2 – наклонного (значение Ро практически равно Рн);
- 2-3 – параболического.

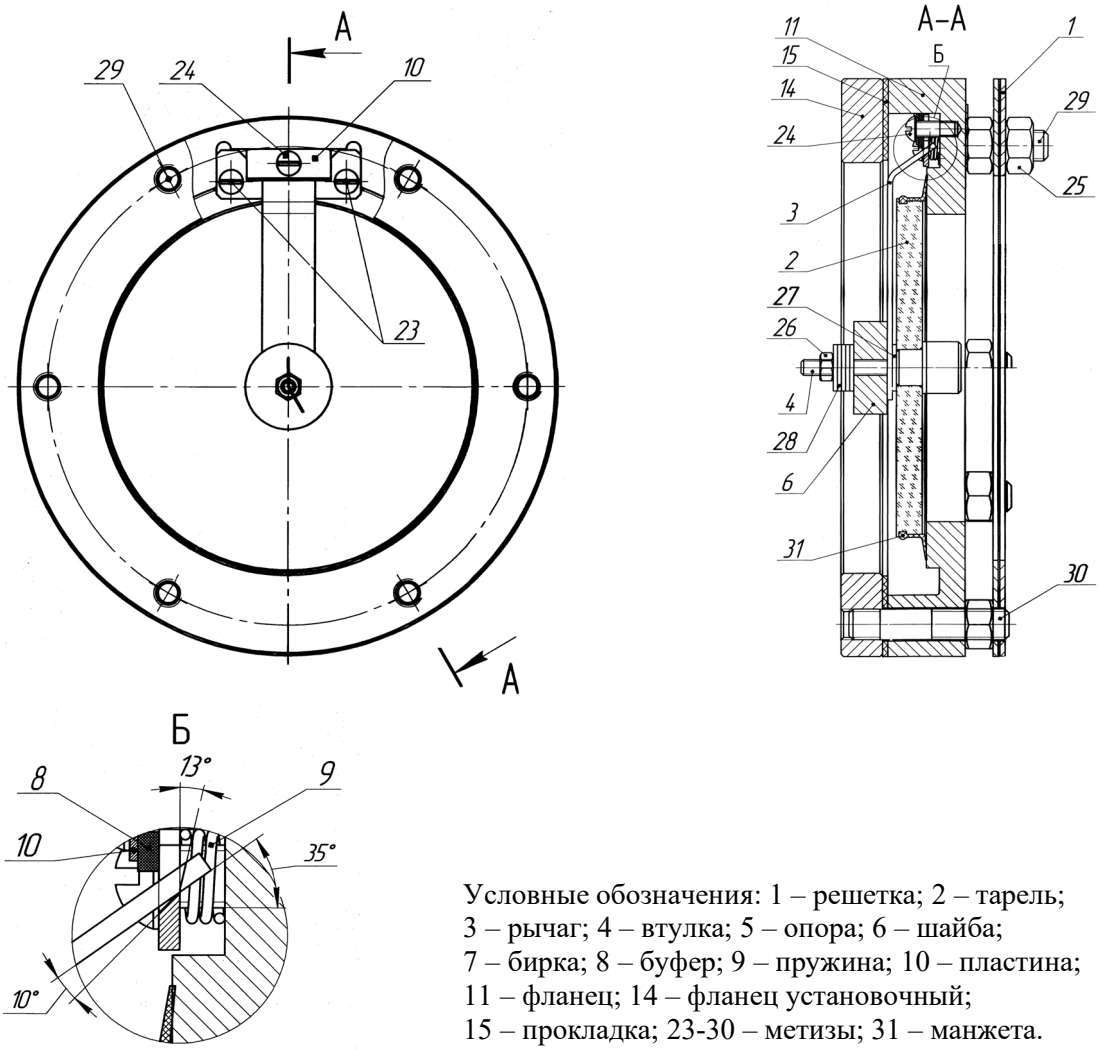
Значения расхода воздуха, соответствующие окончанию открытия КИД по [185], на основании приведены в таблице 8.11.

Таблица 8.11

Давление настройки КИД, Па	Значения расхода воздуха при окончании открытия КИД, м^3/ч для условного диаметра							
	100	150	200	250	300	350	400	500
30	50	130	200	300	390	580	810	1670
50	70	200	290	420	560	780	1080	2150

В техническом решении о замене КИД на блоках Запорожской АЭС указано, что расход воздуха через КИД должен быть не более 80% от значения расхода воздуха, указанного в таблице 8.11.

Общий вид КИД по [185] показан на рис. 8.43.



Условные обозначения: 1 – решетка; 2 – тарель;
3 – рычаг; 4 – втулка; 5 – опора; 6 – шайба;
7 – бирка; 8 – буфер; 9 – пружина; 10 – пластина;
11 – фланец; 14 – фланец установочный;
15 – прокладка; 23-30 – метизы; 31 – манжета.

Рисунок 8.43 – Общий вид КИД по [185]

Конструкция КИД по [185] имеет следующие различия с КИД по [184]:

– условный диаметр клапана определяет его аэродинамические характеристики;

– условный диаметр фланца установочного определяет возможность его монтажа взамен КИД по [184];

– давление настройки КИД определяется маркой шайбы 6 на рис. 8.43.

В условном обозначении КИД по [185] указаны все перечисленные выше размеры и характеристики.

Воздух из коридоров в помещения I и II категории радиационной опасности может также перетекать через неплотности в строительных конструкциях. Примем, что количество неплотностей в помещениях обстройки реакторного отделения сопоставимо с количеством неплотностей в защитном сооружении с обычной герметичностью.

В техническом решении о замене КИД приняты следующие исходные данные:

– значение разрежения в помещениях принимаем не менее 50 Па согласно [134];

– значение объемного расхода воздуха, удаляемого из помещений, примем минимально допускаемые – на 10% менее проектного значения;

– значения объемного расхода воздуха, перетекающего через неплотности в строительных конструкциях, рассчитываются согласно 10.2.16 [206];

– при расчете площади ограждений по внутреннему контуру герметизации не учитывается площадь пола и потолка, учитывается 50% площади стен.

Фрагмент технического решения о замене КИД приведен в таблице 8.12.

Партия КИД по [185] в количестве, достаточном для установки на одном блоке, поступила на Запорожскую АЭС и смонтирована.

Таблица 8.12

Обслужи-ваемое помещение	Место установки	Оператив-ное обоз-начение	Диаметр корпуса (проходки), мм	Проектный расход воздуха из помещения, $м^3/ч$	Расчетный расход воздуха через КИД, $м^3/ч$	Давление воздуха в помещении, Па	Давление настройки КИД, Па	Условный диаметр тарели КИД, мм	Обозначение для заказа КИД
АК021/3	А008/2	TL25S101	200	150	120	минус 50	50	100	100/200-5
А020	А017/1	TL29S102	200	200	165	минус 50	50	150	150/200-5
АК021/2	А017/1	TL25S103	200	150	115	минус 50	50	100	100/200-5
АК021/1	А017/1	TL25S104	200	150	115	минус 50	50	100	100/200-5
А024	А017/1	TL23S105	200	250	195	минус 50	50	150	150/200-5
А025	А017/1	TL23S106	200	200	140	минус 50	50	100	100/200-5
А029	А017/1	TL23S107	150	100	75	минус 50	50	100	100/150-5
А034	А017/3	TL23S118	200	300	245	минус 50	50	200	200-5
АК028	А017/3	TL25S119	200	250	200	минус 50	50	150	150/200-5
А026	А017/3	TL23S120	150	150	115	минус 50	50	100	100/150-5
А027/3	А017/3	TL23S121	200	200	155	минус 50	50	100	100/200-5
А027/2	А017/3	TL23S122	200	200	160	минус 50	50	150	150/200-5
АК041/3	А017/1	TL25S123	200	300	250	минус 50	50	200	200-5
АК043/3	А017/2	TL25S124	300	450	375	минус 50	50	250	250/300-5
АК042/2	А017/2	TL25S125	200	250	210	минус 50	50	150	150/200-5
АК042/2	А017/2	TL25S126	200	250	210	минус 50	50	150	150/200-5
АК042/3	А017/2	TL25S127	200	250	210	минус 50	50	150	150/200-5
АК042/3	А017/2	TL25S128	200	250	210	минус 50	50	150	150/200-5
АК043/2	А017/2	TL25S129	300	450	375	минус 50	50	250	250/300-5
АК041/2	А017/2	TL25S130	200	300	250	минус 50	50	200	200-5
А036/3	А017/1	TL23S131	400	800	675	минус 50	50	350	350/400-5
А036/2	А017/3	TL23S132	400	800	675	минус 50	50	350	350/400-5
А036/1	А017/3	TL23S133	400	800	675	минус 50	50	350	350/400-5
АК041/1	А017/2	TL25S137	200	300	250	минус 50	50	200	200-5
АК043/1	А017/2	TL25S138	300	450	375	минус 50	50	250	250/300-5
АК042/1	А017/3	TL25S139	200	250	210	минус 50	50	150	150/200-5

8.3.9 Противовзрывные устройства

Для защиты от затекания ударной волны внутрь РО на воздухозаборных и вытяжных устройствах в соответствии с требованиями 13.4.5 [34] обязательна установка противовзрывных устройств, рассчитанных на воздействие ударной волны.

На рис. 8.44-8.46 показаны противовзрывные устройства, установленные на блоках Запорожской АЭС:

- малогабаритная защитная секция МЗС;
- унифицированная защитная секция УЗС-8;
- унифицированная защитная секция УЗС-25.

Данные противовзрывные устройства представляют собой металлическую решетку (секцию), к которой шарнирами крепят жалюзийные металлические пластины. При воздействии избыточного давления ударной волны пластины плотно прилегают к решетке, препятствуя этим проникиванию ударной волны. После спада избыточного давления они под действием пружины возвращаются в исходное положение.



Рисунок 8.44 – Общий вид МЗС



Рисунок 8.45 – Общий вид УЗС-8



Рисунок 8.46 – Общий вид УЗС-25 (повернут)

Указанные противовзрывные устройства серийно выпускались для объектов ГО. Противовзрывные устройства УЗС-25, кроме защиты от ударной волны, были предназначены для аварийного выхода из объектов ГО, поэтому поворотная рама с секциями открывалась наружу.

Не на всех проемах РО установлены противовзрывные устройства. На блоках № 2, 3 не смонтированы из-за отсутствия поставок 6 единиц УЗС-8 и 62 шт. УЗС-25, на блоках № 1-5 – 150 единиц УЗС-25 на стене машзала (см. 6.18 настоящего пособия).

При эксплуатации противовзрывных устройств необходимо периодически проводить их техническое обслуживание, очистку от загрязнений, замену пружин и т.д. Но не ко всем противовзрывным устройствам возможен доступ, информация приведена в таблице 8.13.

Таблица 8.13

Место установки	Тип, марка	Кол-во	Отметка низа, м	Возможность доступа	Примечание
А102/1, А102/2	МЗС-8	2	+2,800	С лестницы	Только на блоках № 5, 6
АЭ506/1, 2; АЭ508/1, 2	УЗС-8	4	17,000	С автовышки	
АВ816/1-6	УЗС-25	10	29,300	Отсутствует	
АВ912/1-6	УЗС-25	30	34,100	Отсутствует	
АВ1034/1-3	УЗС-25	3	41,900	Отсутствует	
АВ1006	УЗС-25	4	41,900	Из помещения АВ1007	
АВ1009	УЗС-25	10	41,900	Из помещения АВ1008	Демонтаж невозможен, т.к. в помещение АВ1009 из АВ1008 не попасть
А1106/1, 2	УЗС-25	12	46,100	С кровли	
АВ1109/1, 2	УЗС-25	4-6	46,100	С кровли	
АВ1109/3, 4	УЗС-25	2	46,100	С кровли	
АВ1111	УЗС-8	2	46,100	С кровли	Только на блоках № 1, 5, 6

ОП АЭМ разработана и изготовлена партия противовзрывных устройств, поворотная рама которых открывается внутрь, для установки в воздухозаборных камерах приточных систем вентиляции РО.

Для воздухозаборной камеры АВ816/6 разработано и изготовлено противовзрывное устройство УЗС-16, т.к. в нее УЗС-25 с поворотной рамой не помещается.

В настоящее время работы приостановлены.

8.4 Фильтры очистки воздуха общего назначения, фильтры аэрозольные, адсорберы угольные, приспособления и корпуса для установки фильтров

8.4.1 Фильтры ячейковые

Фильтры ячейковые унифицированные Фя могут устанавливаться индивидуально или объединяться в прямые или V-образные панели.

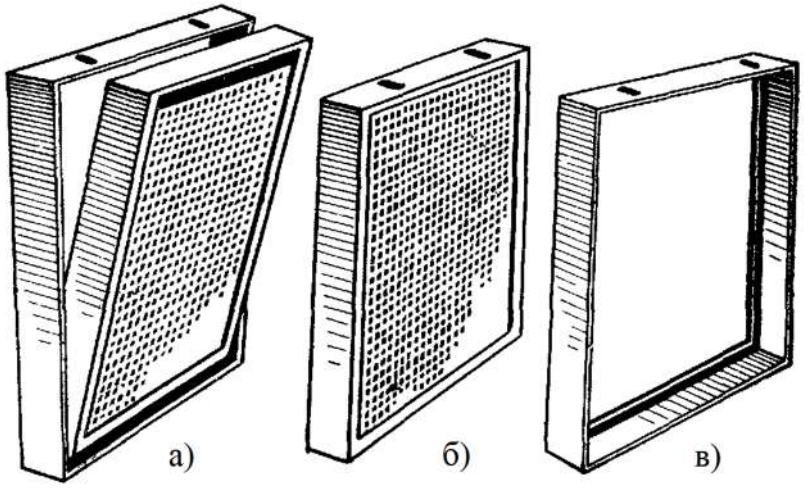
Фильтры Фя имеют одинаковые размеры, состоят из ячейки и установочной рамы. В корпусе ячейки уложен фильтрующий слой (материал). Ячейка фильтра закрепляется в установочной раме с помощью четырех защелок, расположенных на корпусе ячейки. Перед монтажом ячейка фильтра извлекается из установочной рамы. После установки рамы ячейка фильтра помещается в нее и закрепляется защелками.

В ячейках фильтров Фя установлен фильтрующий материал:

- ФяР – сетка гофрированная металлическая;
- ФяВ – сетка винипластовая;
- ФяУ – упругое стекловолокно;
- ФяП – модифицированный пенополиуретан, эластичный, самозатухающий.

Фильтры ФяВ и ФяП в части эффективности соответствуют классу G2 по [14], фильтры ФяР и ФяУ – классу G3 по [14].

Общий вид фильтра Фя показан на рис. 8.47.



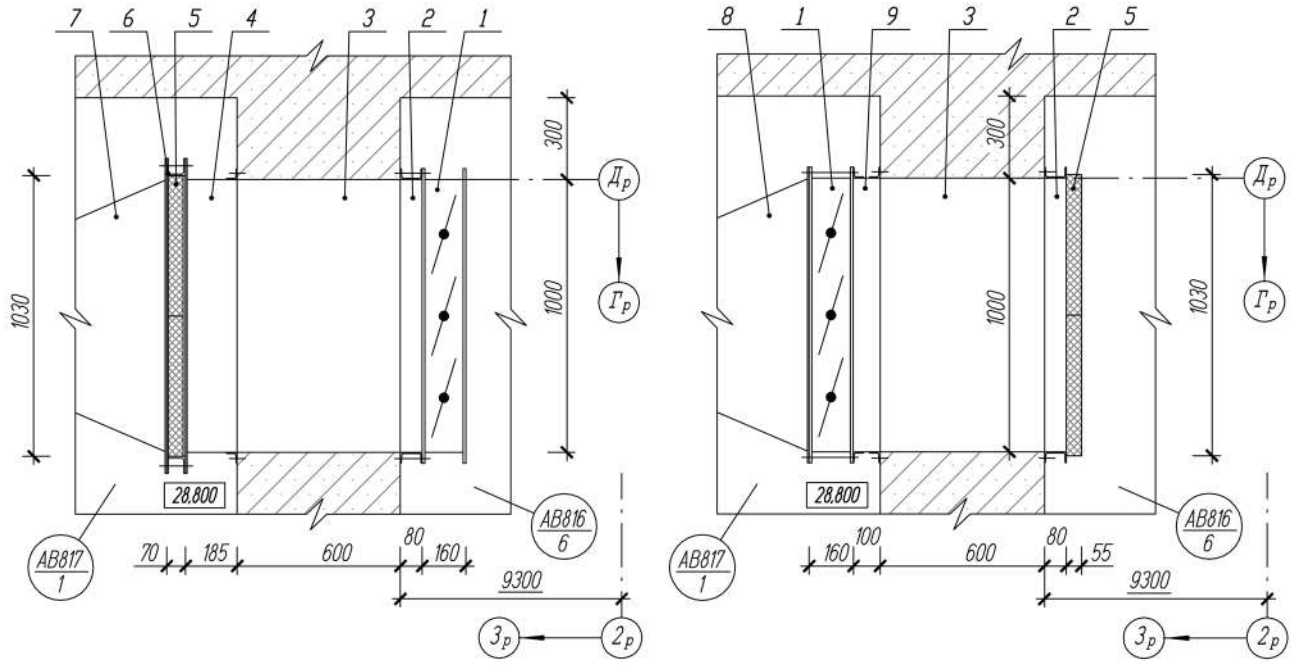
Условные обозначения: а – ячейка, не зафиксированная в установочной рамке;
б – ячейка, зафиксированная в установочной рамке; в – установочная рамка.

Рисунок 8.47 – Фильтр ячейковый Фя

Как правило, из установочных рамок собираются панели с применением сварки, зазоры между установочными рамками герметизируются, затем в панели устанавливаются ячейки.

Периодически ячейки фильтров ФяВ, ФяР, ФяП снимаются и регенерируются, фильтрующий материал в ячейках фильтров ФяУ заменяется новым.

Рабочей документацией предусмотрена установка фильтров ячейковых на системах вентиляции TL47, TL48, UV55; а также UV32, UV36 на блоках № 3-6 в специально разработанных металлических рамах согласно рис. 8.48, а).



а) по рабочей документации б) по чертежу ГРП

Условные обозначения: 1 – клапан КВУ 600х1000 АУ2; 2 – проставка; 3 – проходка в стене;
4, 7, 8 – переходы; 5 – фильтры ячейковые ФяВ; 6 – рама под фильтры; 9 – проставка.

Рисунок 8.48 – Установка фильтров ячейковых Фя на системе UV55

Проектное решение является неудачным по следующим причинам:

– рама (поз. 6) изготовлена из уголка 63х63х6, а глубина фильтра по рис. 8.47 равна 55 мм, т.е. при установке фильтров в раму по ходу воздуха появляется зазор 8 мм;

– внутренний размер рамы (1030х516) мм, а размер фильтра с установочной рамой по рис. 8.47 равен (514х514) мм, т.е. по периметру рамы появляется зазор 1 мм;

– между установочными рамами не предусмотрен уплотнитель;

– для замены (регенерации) фильтров необходимо снять два перехода и раму, после выполнения операции установить их на место.

Таким образом, протечки воздуха мимо фильтров неизбежны, при этом часть крупнодисперсной пыли задерживается фильтрами, а часть попадает на поверхность фильтрующего материала фильтров аэрозольных.

На блоках № 3-6 Запорожской АЭС было принято решение о переносе фильтров ячейковых в воздухозаборные камеры согласно рис. 8.48, б); при этом к проставке привариваются установочные рамы, а ячейки фильтров устанавливаются с помощью защелок. Внутри установочных рам предусмотрены войлочные уплотнения, что исключает протечку крупнодисперсной пыли мимо фильтров, снятие и установка ячеек производится без демонтажа каких-либо элементов.

Для установки фильтров ячейковых на системе вентиляции TL28 (см. 4.5.3 настоящего пособия) была предусмотрена камера со съемной крышкой, внутри которой привариваются установочные рамы, а ячейки фильтров устанавливаются с помощью защелок.

8.4.2 Фильтры рулонные

Фильтры рулонные входят в состав секций фильтров центральных кондиционеров и приточных камер.

В приточных камерах 1ПК для очистки воздуха применялся рулонный фильтрующий материал ФСВУ из упругого стекловолокна, который устанавливался намотанным на катушку и устанавливался внутри секции фильтра грубой очистки на поддерживающую решетку.

В приточных камерах 2ПК для очистки воздуха применялся фильтрующий материал ФРНК-ПГ, который укладывался на V-образные решетки внутри секции фильтра грубой очистки.

После снятия фильтрующего материала ФСВУ с производства Запорожская АЭС была вынуждена закупать любой фильтрующий материал, похожий на ФРНК-ПГ. Но, так как поддерживающая решетка камер типа 1ПК, не была рассчитана на установку другого фильтрующего материала, под воздействием перепада давления воздуха на фильтрующем материале его края отгибались, и в зазоры между ним и стенками секции фильтра грубой очистки проскакивала пыль.

Один раз Запорожская АЭС закупила партию фильтрующего материала из полиэфира с температурой плавления 90 °С. И в холодный период года при температуре сетевой воды более 110 °С на резервных приточных камерах (проток сетевой воды через воздухонагреватели был, а движения воздуха не было) фильтрующий материал расплавился.

Неоднократно посредники предлагали закупить у них фильтрующий материал, по документам марки ФРНК-ПГ, но после отрицательных результатов экспресс-теста на горючесть (образцы материала поджигались и после удаления источника огня продолжали гореть) они были признавались непригодными для использования на Запорожской АЭС.

8.4.3 Фильтры аэрозольные Д-23кл, А-17 и аналоги

В качестве основного оборудования для очистки воздуха от аэрозолей в рабочей документации предусмотрены фильтры аэрозольные Д-23кл и А-17 по [164].

Фильтры аэрозольные имеют корпус прямоугольной формы, в котором расположен фильтрующий пакет с материалом ФП и расположенными между его складками прямоугольными гофрированными сепараторами.

Общий вид фильтрующего пакета с материалом ФП показан на рис. 8.49.

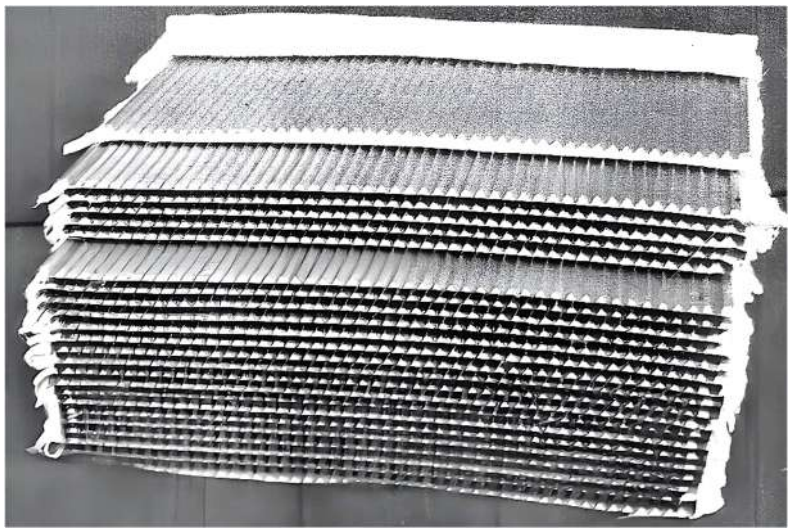


Рисунок 8.49 – Фильтрующий пакет с материалом ФП

Корпуса фильтров аэрозольных типа Д изготовлены из фанеры, сепараторы – из пленки винипластовой.

Корпуса фильтров аэрозольных типа А изготовлены из стали углеродистой с антикоррозионным покрытием, сепараторы – из фольги алюминиевой.

Корпуса фильтров аэрозольных Д-23кл и А-17 имеют одинаковые размеры:

$(636 \pm 1{,}5) \times 610^{+1{,}0}_{-1{,}8} \times 572^{+4}$ мм.

Под указанные размеры фильтров аэрозольных сконструированы приспособления для смены и установки фильтров ПСФ-У-3 (см. 8.4.9 настоящего пособия) и корпуса металлические Ду350 (см. 8.4.10 настоящего пособия).

В настоящее время фильтрующий материал ФП практически не выпускается, фильтры аэрозольные типа Д и А сняты с производства. Аналоги их изготавливаются под различными марками в достаточном количестве для действующих АС.

Вместо фильтрующего материала ФП применяется ультратонкое стекловолокно, а сепараторы отливаются специальной машиной одновременно с изготовлением фильтрующих пакетов. Или же из фильтрующего материала и армирующей сетки (с одной или двух сторон) формируются фильтрующие пакеты.

Фильтрующие пакеты из ультратонкого стекловолокна показаны на рис. 8.50.

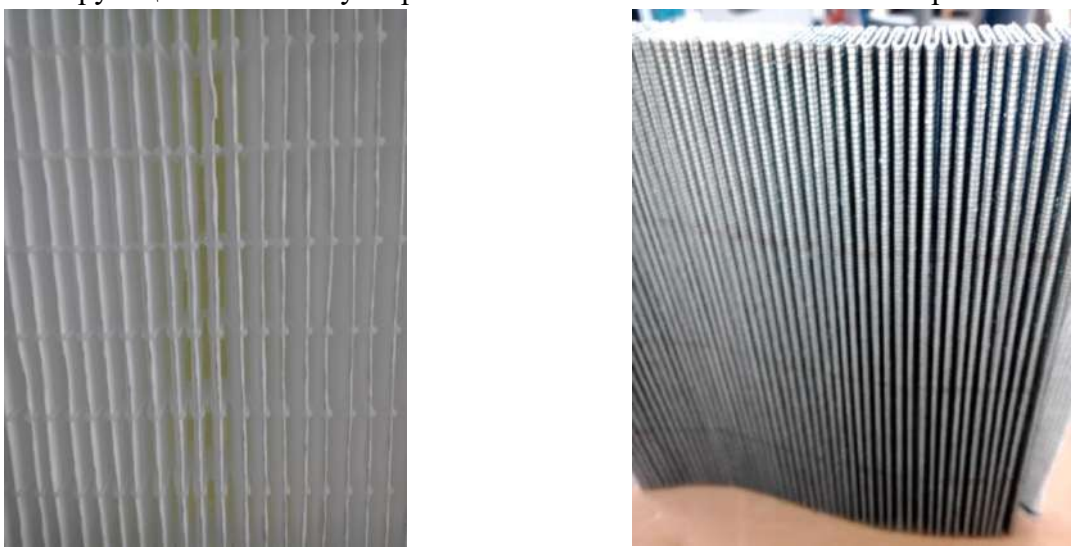


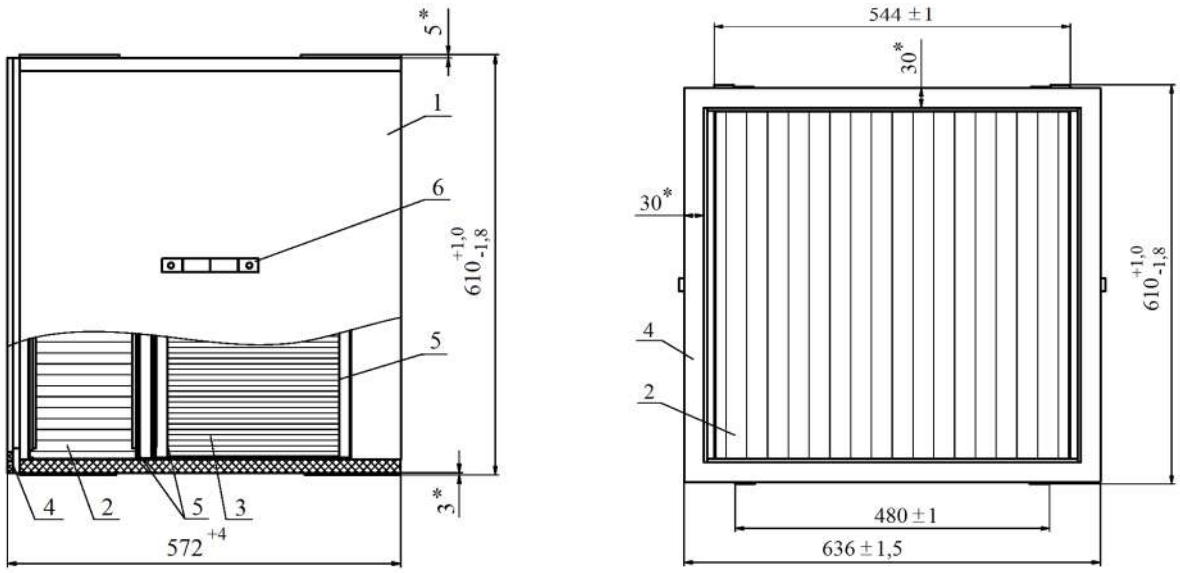
Рисунок 8.50 – Фильтрующие пакеты из ультратонкого стекловолокна

Удельная воздушная нагрузка ультратонкого стекловолокна больше, чем тот же параметр фильтрующего материала ФП, по этой причине в корпуса фильтров аэрозольных с теми же размерами, что и Д-23кл, вместо 23 м^2 фильтрующего материала ФП помещается не менее 30 м^2 ультратонкого стекловолокна. И еще остается место для ступени общего назначения класса G4 по [14] с пылеемкостью не менее 1,7 кг.

Современные фильтры аэрозольные – аналоги Д-23кл могут быть изготовлены различных исполнений:

- одноступенчатые и двухступенчатые;
- неразборные и со сменными ступенями;
- в деревянных и металлических корпусах.

Аэрозольный фильтр двухступенчатый в габаритах фильтра Д-23кл показан на рис. 8.51.



Условные обозначения: 1 – корпус; 2 – фильтрэлемент первой ступени; 3 – фильтрэлемент второй ступени; 4 – уплотнительная прокладка; 5 – защитная сетка; 6 – ручка.

Рисунок 8.51 – Аэрозольный фильтр двухступенчатый

Запорожская АЭС закупила партию таких фильтров и устанавливает их на системы вентиляции.

8.4.4 Фильтры аэрозольные ФАРТОС

Фильтры аэрозольные ФАРТОС (это сокращение – Фильтр Аэрозольный, Регенерирующийся, для Тонкой очистки, Стекловолокнистый) по [207] предназначены для тонкой очистки воздуха и различных газов, образующихся при диспергировании солевых растворов, кислот и органических веществ.

Фильтры аэрозольные ФАРТОС разрабатывались для фильтрации тумана фтористого водорода на предприятиях Минсредмаша, в проект АС они были включены по причине работоспособности при температуре среды 100 °С.

Фильтры аэрозольные ФАРТОС могут работать:

- в режиме накопления сухого остатка с последующей многократной регенерацией фильтрующего слоя методом промывки;
- в режиме самоочищения, т.е. при фильтрации тумана с непрерывным удалением уловленной жидкой дисперсной фазы из фильтрующего слоя. Удаление жидкости происходит естественным путем, без специального отсоса из фильтрующего слоя;
- в переменном режиме, т.е. с чередованием сухого и влажного режимов фильтрации.

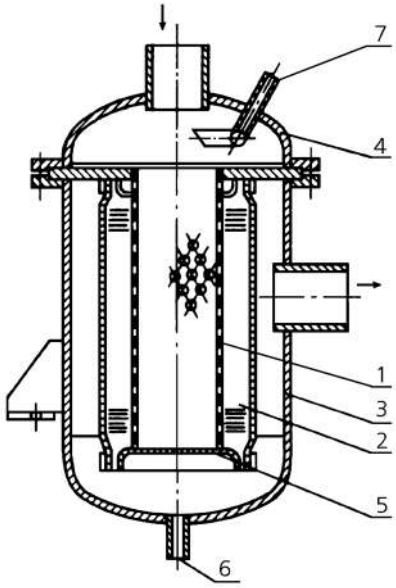
По паспортным данным, коэффициент проскока фильтров ФАРТОС по масляному туману не более 0,05%, что соответствует классу H13 по [11].

В качестве фильтрующего материала в фильтрах ФАРТОС используются маты из ультратонкого стекловолокна со средним диаметром волокон порядка 1 мкм. Фильтр работает следующим образом:

– при фильтрации методом самоочищения подлежащий очистке газ, содержащий капельки тумана, поступает на вход фильтра, очищается от дисперсной фазы и выходит очищенный через боковой патрубок. Уловленная жидкая фаза накапливается в фильтрующем слое и, при определенном насыщении последнего, под действием потока газа и силы тяжести вытекает в нижнюю часть корпуса фильтра и удаляется через дренажный штуцер;

– при фильтрации сухих аэрозолей газ очищается на фильтре, а уловленная твердая дисперсная фаза накапливается на фильтрующем слое. При достижении максимально допустимого перепада давления газа на фильтре он подвергается регенерации или производится замена фильтрэлемента. Регенерация может быть осуществлена путем подачи промывочной жидкости на фильтрующий слой.

Конструкция фильтра аэрозольного ФАРТОС Ц-500 (с цилиндрическим фильтрэлементом на номинальный расход воздуха 500 м^3/ч) показана на рис. 8.52.



Условные обозначения:
1 – цилиндр перфорированный;
2 – фильтрующий слой;
3 – корпус;
4 – крышка;
5 – хомуты;
6 – дренажный штуцер;
7 – устройство для промывки.

Рисунок 8.52 – Фильтр аэрозольный ФАРТОС

Фильтр аэрозольный ФАРТОС Ц-2500 (на номинальный расход воздуха 2500 м^3/ч) состоит из 5 фильтрэлементов для фильтра ФАРТОС Ц-500 и общего корпуса с выходным патрубком и дренажным штуцером. В [207] предусмотрено изготовление фильтра аэрозольного ФАРТОС Ц-200 на номинальный расход воздуха 200 м^3/ч, его конструкция аналогична конструкции фильтра аэрозольного ФАРТОС Ц-500.

На Запорожской АЭС фильтры аэрозольные ФАРТОС применены в составе системы поддержания разрежения в гермооболочке TL22 для очистки воздуха, удаляемого из герметичной части. Для промывки фильтрэлементов был предусмотрен подвод дистиллята, загрязненная вода сливалась в трап спецканализации.

Из-за особенностей конструкции фильтрэлементов их срок службы ограничен примерно 10 годами. При использовании фильтров ФАРТОС по первоначальному назначению их фильтры промывались фтористоводородной кислотой, при этом осевший на них осадок полностью растворялся. На Запорожской АЭС задержанные фильтрэлементами частички пыли и тепловой изоляции оседали в нижней части полости между перфорированными цилиндрами, а вода просачивалась через фильтрующий материал и удалялась из дренажного штуцера. После промывки фильтрэлементы сушили в течение 3 суток, по опыту эксплуатации фильтров, этого времени было достаточно для удаления воды из фильтрующего материала.

По мере накопления загрязнений в полости между перфорированными цилиндрами промывка фильтрэлементов дистиллятом давала все меньший и меньший результат до того момента, когда выяснялось, что эффекта от промывки нет никакого, фильтрэлементы заменялись.

В настоящее время фильтры ФАРТОС и маты из ультратонкого стекловолокна сняты с производства.

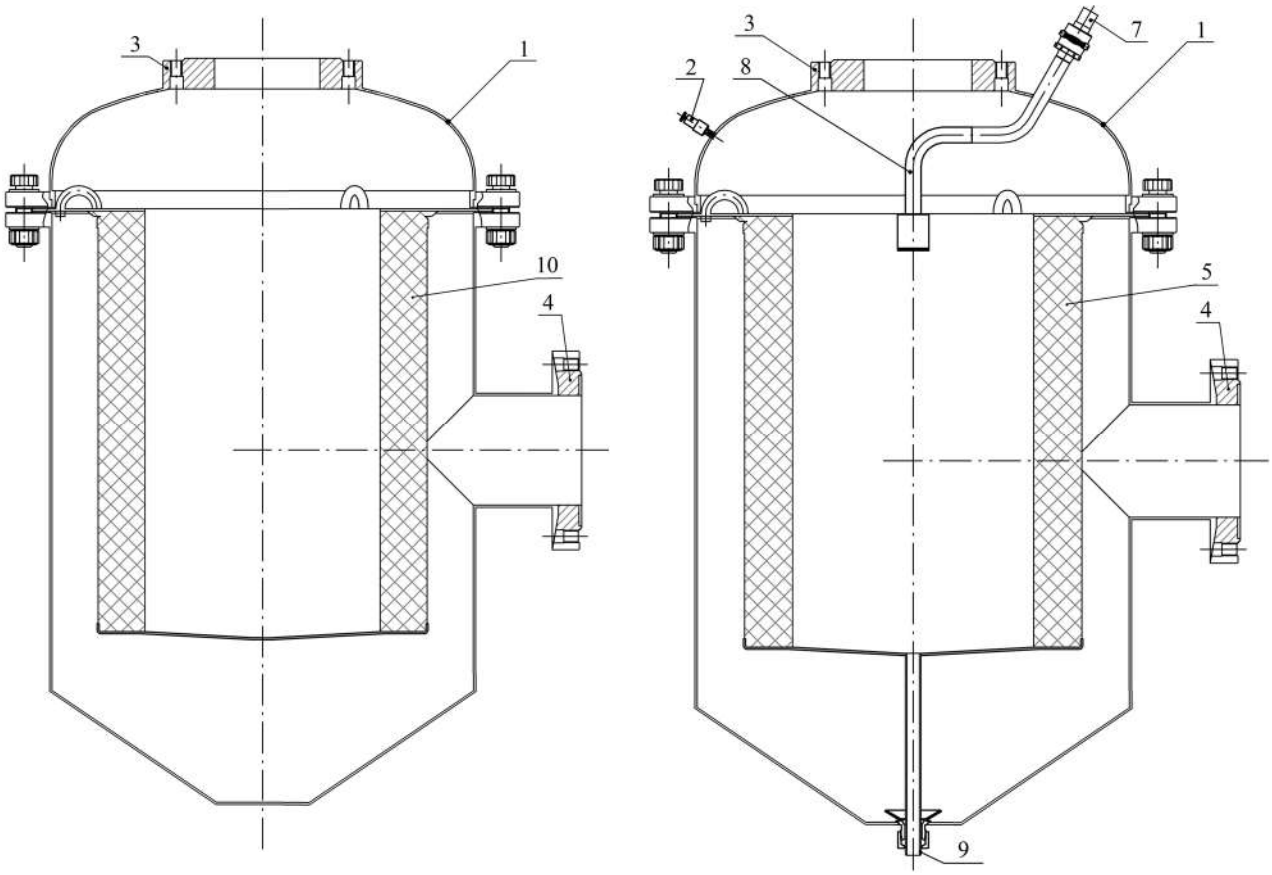
При разработке новой конструкции фильтрэлементов для установки в существующие корпуса фильтров аэрозольных ФАРТОС выяснилось, что импортный фильтрующий материал класса H13 по [21] не пропускает воду.

По этой причине аналоги фильтров аэрозольных ФАРТОС и фильтрэлементы для установки в корпуса фильтров аэрозольных ФАРТОС и их аналогов изготавливаются двух исполнений:

– без возможности регенерации фильтрэлементов по месту установки;

– с возможностью регенерации фильтрэлементов по месту установки.

Конструкция фильтров аэрозольных – аналогов ФАРТОС Ц-500 показана на рис. 8.53.



а) без возможности регенерации фильтрэлемента по месту установки

б) с возможностью регенерации фильтрэлемента по месту установки

Условные обозначения: 1 – корпус; 2 – крышка; 3 – фланец входной; 4 – фланец выходной; 5 – фильтрэлемент с возможностью регенерации по месту установки; 6 – штуцер контрольный; 7 – патрубок подачи дистиллята; 8 – омыватель; 9 – узел патрубка сливного; 10 – фильтрэлемент без возможности регенерации по месту установки.

Рисунок 8.53 – Конструкция фильтров аэрозольных – аналогов ФАРТОС Ц-500

На приемочных испытаниях аналогов фильтров аэрозольных ФАРТОС была измерена масса загрязняющего материала (на основе глины), при которой перепад давления воздуха на фильтрэлементе достигает конечного значения. Для фильтрэлементов с номинальным расходом воздуха 500 $м^3$/ч значение данного параметра равно 9 кг.

Если необходима регенерация фильтрэлементов по месту установки:

– при замене фильтров ФАРТОС в сборе – следует заказывать новые фильтры соответствующего исполнения;

– при замене только фильтрэлемента – корпуса фильтров ФАРТОС подлежат модернизации, а именно, установки узла патрубка сливного.

Если же регенерация фильтрэлементов по месту установки не обязательна:

– при замене фильтров ФАРТОС в сборе – следует заказывать новые фильтры соответствующего исполнения;

– при замене только фильтрэлемента – изменения в конструкции корпуса фильтра ФАРТОС выполнять не обязательно.

В этом случае регенерацию фильтрэлементов можно выполнять после демонтажа их из корпуса. Новые фильтрэлементы не требуют сушки.

Запорожской АЭС закуплены и установлены на системах вентиляции несколько десятков фильтрэлементов – аналогов фильтрэлементов ФАРТОС Ц-500.

8.4.5 Фильтры аэрозольные ФРА-95-10М

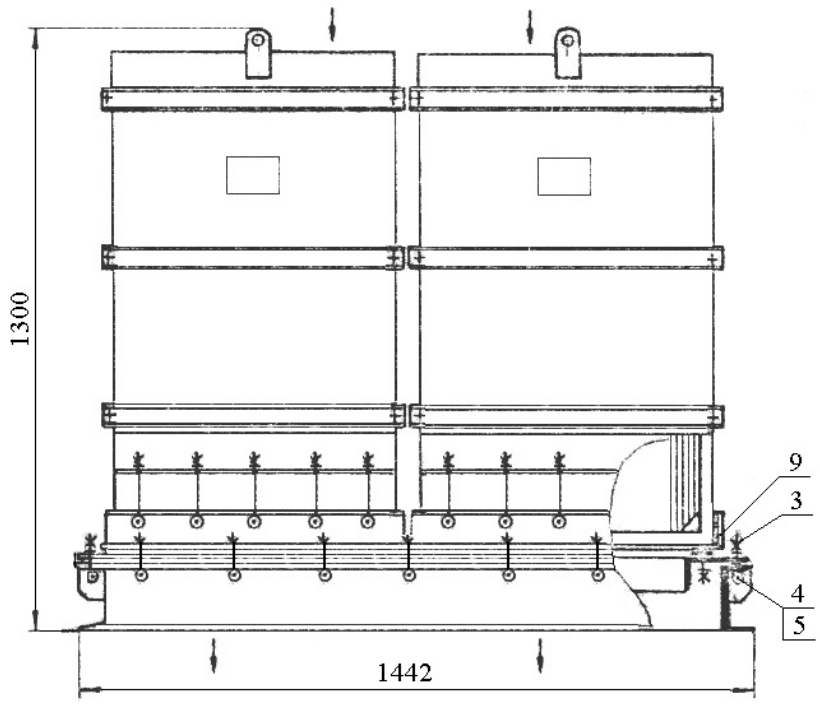
На системе очистки воздуха в гермооболочке TL02 установлены фильтры аэрозольные ФРА-95-10М специальной разработки СКБ ВТИ.

Рабочая температура фильтров ФРА-95-10М – 100 °С, максимальная относительная влажность 100%, степень очистки 99,95%, что соответствует классу Н13 по стандарту [11].

Фильтр ФРА-95-10М состоит из двух модулей. Модуль представляем собой набор прямоугольных вертикальных П-образных рамок, разделенных между собой слоями фильтрующего материала – ультратонкого стекловолокна, который армируется сеткой кремнеземной.

Фильтры установлены в боксах ГА702/1, 2 по 3 единицы в каждом, для их монтажа и демонтажа в крышах боксов предусмотрены съемные люки.

Конструкция фильтров аэрозольных ФРА-95-10М показана на рис. 8.54.



Условные обозначения: 1 – фланец; 2 – опора; 3 – гайка; 4 – прокладка; 5 – шпилька; 6 – гайка; 7 – болт откидной; 8 – пакет фильтрующий; 9 – цоколь.

Рисунок 8.54 – Модуль фильтра аэрозольного ФРА-95-10М

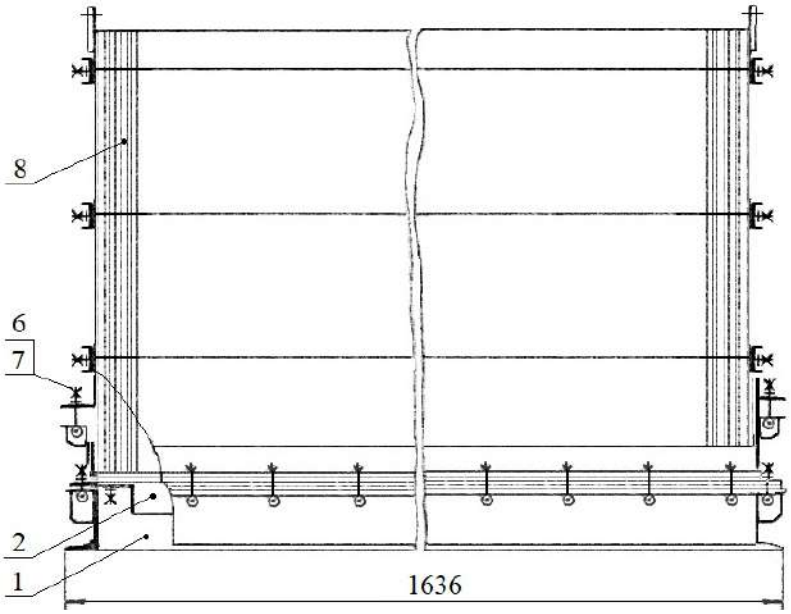


Рисунок 8.54, страница 2

В настоящее время перепад давления воздуха ни на одном фильтре ФРА-95-10М не превышает предельно допускаемые значения.

8.4.6 Фильтры аэрозольные В-2

Фильтры аэрозольные В-2 выпускались по [164], на Запорожской АЭС они были установлены на системах воздухоснабжения пневмокостюмов TL47, TL48 (см. 4.3.3 настоящего пособия).

В качестве фильтрующего материала применена ткань Петрянова ФПП-15-4,5 или ФПП-15-6,0, сепараторы и корпус изготовлены из винипласта. Рабочей документацией предусмотрена установка фильтров В-2 в металлических корпусах.

Общий вид фильтра В-2 показан на рис. 8.55.

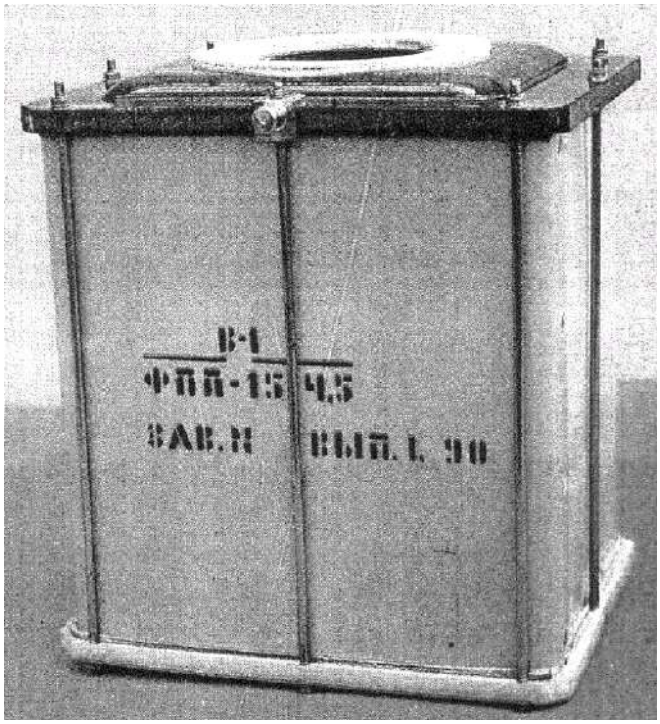


Рисунок 8.55 – Фильтр аэрозольный В-2

На Запорожской АЭС фильтры аэрозольные В-2 практически не работали. Их винипластовые корпуса после (10-15) лет эксплуатации растрескивались, в настоящее время все они пришли в негодность.

8.4.7 Фильтры аэрозольные сорбирующие йодные ФАИ-3000

В 2000 году ЗАО «Прогресс-Экология» г. Обнинск поставило на производство фильтры аэрозольные сорбирующие йодные ФАИ-3000 по [208], предназначенные для очистки воздуха от радиоактивных аэрозолей, йода и его соединений.

Габаритные и присоединительные размеры фильтров ФАИ-3000-1 и ФАИ-3000-2 соответствуют размерам фильтра Д-23кл и могут монтироваться в устройство для смены и установки фильтров ПСФ-У-3 или корпуса металлические Д-23кл.

Фильтровальный материал выполнен из крупноволокнистого материала, содержащего высокодисперсный адсорбент с высокопористыми частицами диаметром от 1 мкм до 100 мкм, упакованный в слои. Последний по ходу очищаемого потока воздуха слой в этом материале выполнен из тонковолокнистого материала и не содержит адсорбента.

В [208] указано, что срок службы фильтра в нормальных условиях эксплуатации составляет не менее 2 лет. Срок службы зависит от массового содержания аэрозолей, паров йода, метилйодида, щелочей, кислот, масел, углеводородов, а также кислых газов в фильтруемом воздухе.

Фильтры ФАИ-3000 на Запорожской АЭС не применялись.

В первую очередь по причине отсутствия согласования ТУ (ТС) с надзорным органом. Если в начале 90-х годов XX столетия еще можно было согласовать оригинальное ТУ с надзорным органом, то в последующем для возможности закупки импортного оборудования для СВБ требовалось за счет поставщика:

- разработать и согласовать с Госатомрегулирования ТС, в которой подтвердить, что требования, указанные в оригинальных ТУ, соответствуют НД Украины;
- провести приемочные испытания с участием представителя Госатомрегулирования.

Таких поставщиков не нашлось.

Помешали применению фильтров ФАИ-3000 на Запорожской АЭС высокая стоимость (порядка 5000 $ США), ограниченный срок службы и ограниченная область применения. Из всех систем вентиляции, на которых технически возможна установка фильтров ФАИ-3000, осталась только система TL28.

Система TL29 перемещает воздух с аэрозолями масла (см. 4.5.4 настоящего пособия), которые противопоказаны фильтрам ФАИ-3000.

А на системе UV55 установка фильтров ФАИ-3000 невозможна еще и из-за консервативного подхода. Сценариев общей радиационной или запроектной аварии написано множество, диапазон расчетной активности воздуха по аэрозолям и йоду в районе воздухозаборной камеры АВ816/6 весьма широк.

Но пока на системе UV55 установлены адсорберы угольные АУ-1500 (АУИ-1500-1) с массой адсорбента не менее 280 кг на одной нитке, считается, что они смогут обеспечить очистку воздуха, подаваемого в БПУ, и от аэрозолей, и от йода. А вот смогут ли выполнить эту функцию фильтры ФАИ-3000 с массой сорбирующего материала не более 7,5 кг, это вопрос.

8.4.8 Адсорберы угольные

Для обеспечения проектных параметров воздуха в помещениях ЗКД, допустимых выбросов изотопов йода в атмосферу, а также для очистки наружного воздуха, подаваемого в помещения щитов управления при общей радиационной аварии, на части систем вентиляции рабочей документацией была предусмотрена установка адсорберов угольных типа АУ-1500 по [209], [210], АУИ-1500-1 по [211].

В качестве адсорбента был применен активированный уголь:

- в адсорберах угольных АУ-1500 – СКТ-3;
- в адсорберах угольных АУИ-1500-1 – СКТ-3И.

Адсорберы угольные АУ-1500 (АУИ-1500-1) состоят из цилиндрического корпуса с входным и выходным патрубками и внутренней неподвижной решеткой, на которую засыпается адсорбент. К нижней решетке крепятся 4 шпильки, проходящие через слой адсорбента. Сверху на слой адсорбента накладывается верхняя сетка, по периметру корпуса проложено уплотнительное кольцо.

В конструкции адсорберов угольных, изготовленных после 1987 года, на верхней сетке установлены ребра жесткости, обеспечивающие сохранение геометрической формы верхней сетки при усадке слоя адсорбента.

Для сжатия гранул адсорбента предусмотрены пружины, надетые на шпильки и зафиксированные гайками.

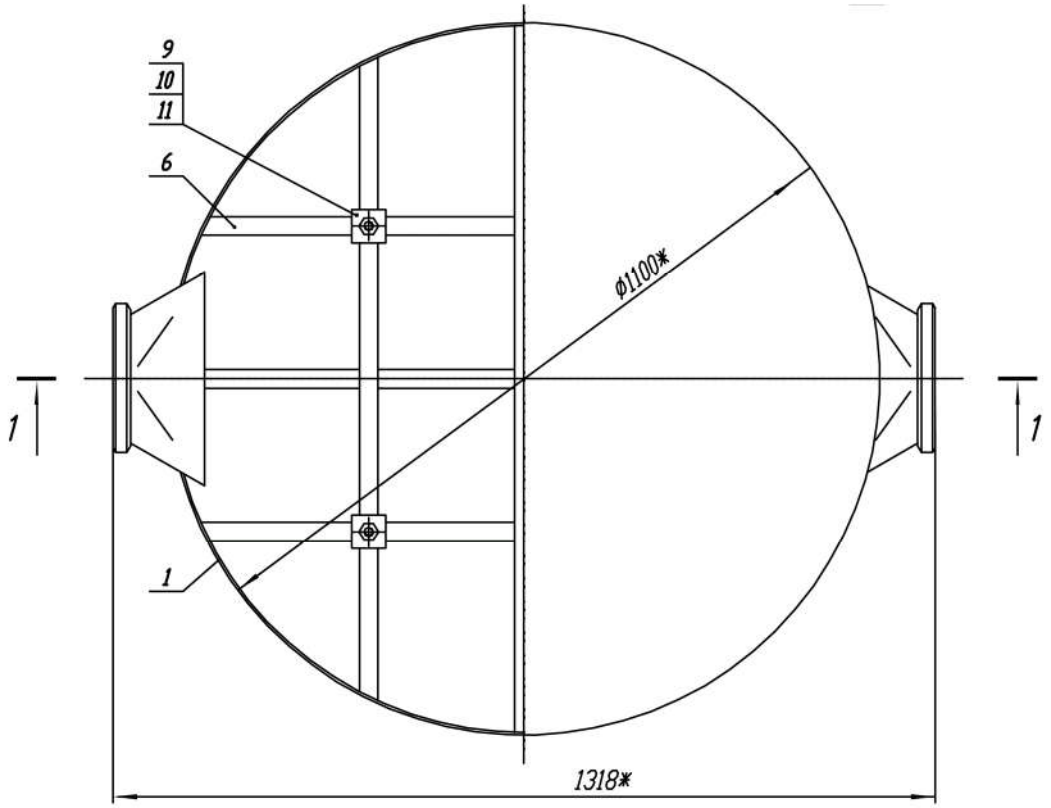
На патрубках адсорберов предусмотрены уплотнительные прокладки, присоединение патрубков к воздуховодам производится хомутами.

Разработчик адсорберов угольных (ВНИИНМ) не назначил срок службы (ресурс) адсорберов угольных, посчитав, что они будут действовать принципу «вечных колонн».

Примечание – Принцип «вечной колонны» заключается в том, что радиоактивные вещества адсорбируются в порах адсорбента и удерживаются в них на время, необходимое для распада, образующиеся продукты распада остаются в порах адсорбента. При этом десорбции радиоактивных веществ из адсорбента не происходит, адсорбент не требует регенерации, срок службы адсорбента определяется исключительно механическим износом гранул.

Эффективность адсорберов угольных АУ-1500, АУИ-1500-1, а также активированного угля СКТ-3, СКТ-3И, по йоду и метилйодиду не проверялась, значение данного параметра выдал разработчик предприятию-изготовителю письмом.

Общий вид адсорбера угольного АУ-1500 (АУИ-1500-1) показан на рис. 8.56.



Условные обозначения: 1 – корпус; 2 – сетка нижняя; 3 – сетка верхняя; 4 – хомут; 5 – прокладка; 6 – ребро; 7 – адсорбент; 8 – кольцо уплотнительное; 9 – шпилька; 10 – пластина; 11 – гайка; 12 – пружина.

Рисунок 8.56 – Адсорбер угольный АУ-1500 (АУИ-1500-1)

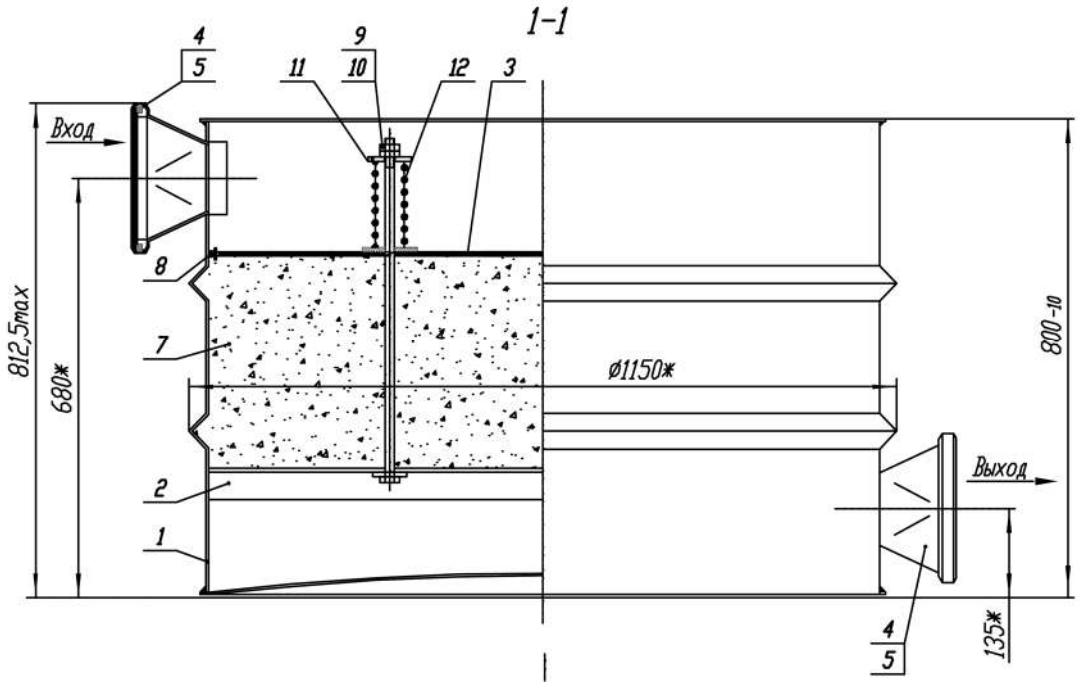


Рисунок 8.56, страница 2

По этой причине АЭП не предусмотрел возможность замены адсорберов угольных по окончании ресурса.

Однако практически сразу после ввода в эксплуатацию систем вентиляции с адсорберами угольными начал снижаться расход воздуха и увеличиваться перепад давления воздуха на адсорберах угольных. Очистка пылесосом верхней сетки, удары по корпусу и другие воздействия на адсорберы угольные результатов не дали, отсыпка части адсорбента давала только временный эффект.

И только в 2000 году научными сотрудниками ННЦ ХФТИ была найдена причина этого явления. В конструкции адсорберов угольных, поступивших на Запорожскую АЭС, ребра жесткости на верхней сетке были установлены плашмя (на другие АЭС поступали адсорберы угольные с правильно установленными ребрами жесткости). Кроме этого, между верхней сеткой и корпусом было установлено уплотнение в виде асбестового шнура.

По мере эксплуатации адсорберов угольных происходила усадка адсорбента, что разработчиками было учтено, в конструкции адсорберов угольных были предусмотрены пружины для постоянного давления на слой адсорбента. Но не было учтено, что из-за фактического отсутствия ребер жесткости и наличия уплотнения верхняя сетка деформировалась и затем заклинивалась. На части адсорберов угольных верхняя сетка выгибалась центральной частью вверх, на части – центральной частью вниз.

Научные сотрудники ННЦ ХФТИ установили, что гранулы адсорбента, не прижатые участком верхней сетки, под действием турбулентного потока воздуха перемещались и истирались, а продукты истирания накапливались в толще слоя адсорбента.

Рекомендации ННЦ ХФТИ по улучшению конструкции адсорберов угольных были следующие:

– дополнить верхнюю сетку двумя решетками с двух сторон, нижнюю решетку утопить в слое адсорбента, верхнюю решетку использовать для снижения степени турбулентности потока воздуха на входе в слой адсорбента;

– установить связи между шпильками для обеспечения равного расстояния от края верхней сетки до корпуса;

– асбестовый шнур заменить уплотнением из стеклоткани.

Адсорберы угольные АУ-1500, АУИ-1500-1 имеют следующие конструктивные недостатки:

– высота центров патрубков в конструкторской документации указана с пометкой «для справок», т.е. данные размеры не контролировались, т.е. взаимозаменяемость адсорберов угольных не обеспечивалась;

– не предусмотрены какие-либо элементы для крепления корпуса к строительным конструкциям и к другим корпусам адсорберов угольных.

Согласно рабочей документации, адсорберы угольные на блоках Запорожской АЭС устанавливались от одного до четырех рядов по высоте, возможные сейсмические нагрузки могли передаваться только на воздуховоды, не рассчитанные на стойкость к сейсмическим воздействиям.

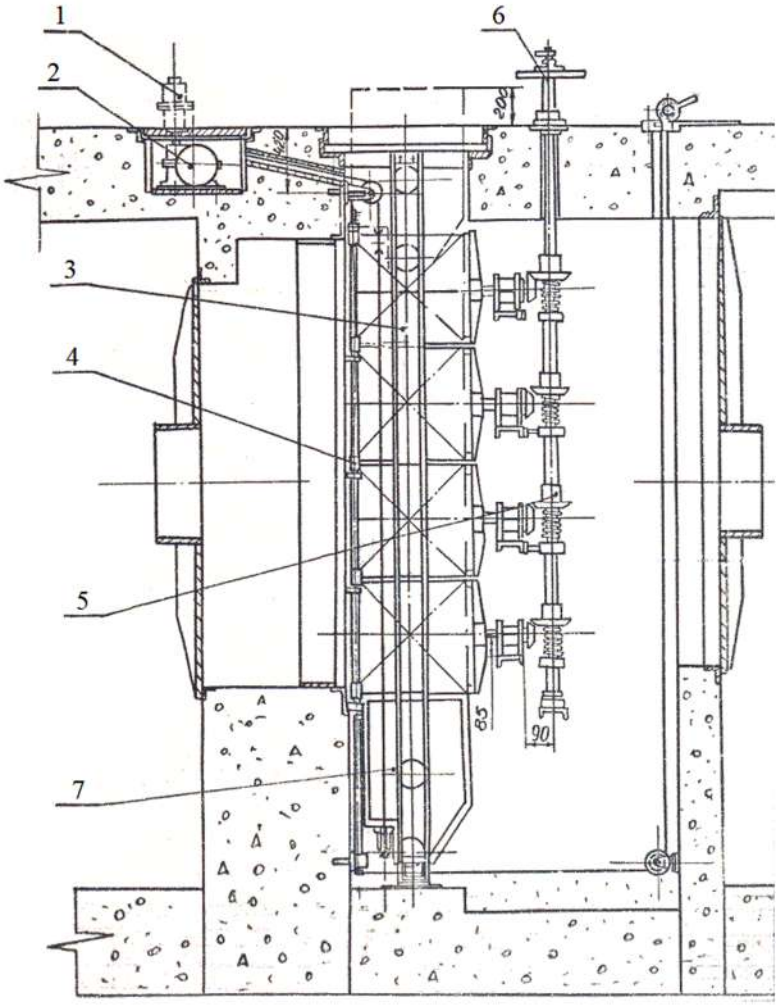
Запорожская АЭС и ОП АЭМ в 2005-2018 годах выполняли капитальный ремонт и модернизацию адсорберов угольных (см. раздел 13.2 настоящего пособия).

8.4.9 Приспособление для смены и установки фильтров ПСФ-У-3

На системах вентиляции TL21, TL23 для установки и замены фильтров аэрозольных рабочей документацией предусмотрены приспособления для смены и установки фильтров ПСФ-У-3.

Приспособление ПСФ-У-3 рассчитано на монтаж в железобетонных шахтах, выполняющих функцию биологической защиты (опорная рама при этом бетонируется), в него входят 4 фильтра аэрозольных с габаритами Д-23кл. Сверху шахты накрываются стальными защитными плитами толщиной 135 мм.

Устройство приспособления ПСФ-У-3 показано на рис. 8.57.



Условные обозначения: 1 – электропривод; 2 – лебедка; 3 – рама направляющая; 4 – рама опорная с отжимом; 5 – механизм прижима; 6 – штурвал; 7 – подъемник.

Рисунок 8.57 – Приспособление для смены и установки фильтров ПСФ-У-3

Подъем и спуск фильтров производится с помощью канатной тяги. Переносные электроприводы для этой операции не использовались, канат вытягивали вручную. Фильтры аэрозольные поочередно устанавливаются на подъемник, он опускается на соответствующую отметку и прижимается к опорной раме механизмом прижима.

При снятии фильтров аэрозольных они отжимаются от опорной рамы, устанавливаются на подъемник и поднимаются выше верха приспособления канатной тягой.

В инструкции по монтажу и эксплуатации приспособления ПСФ-У-3 записано, что усилие на ободе штурвала должно быть в пределах (196-245) Н, при этом усилие, передаваемое на корпус фильтра аэрозольного, находится в этом же диапазоне.

В данной инструкции также записано, что для контроля плотности прилегания фильтров аэрозольных к раме опорной с отжимом присоединяются трубки 10х2 мм посредством штуцера, уплотнителя, втулки зажимной и прокладки, выводятся в монтажный зал.

В трубках необходимо создать давление 5 кПа, контроль давления выполнить U-образным манометров, падение давления в течение одной минуты не допускается.

Так как трубка 10х2 мм в комплект поставки приспособления не входила, а проверка плотности прилегания фильтров аэрозольных к раме нормативной документацией не требовалась, данная операция не выполнялась.

Конструкторами Запорожской АЭС разработана документация на модернизацию приспособления ПСФ-У-3, а именно:

– в местах контакта уплотнительных прокладок фильтров аэрозольных с рамками привариваются П-образные профили шириной 20 мм и высотой (10-15) мм, указанные профили должны образовывать герметичные полости;

– от каждого П-образного профиля выводятся импульсные трубки за пределы устройства с установкой штуцеров для подключения сжатого воздуха.

Для проверки плотности прилегания фильтров аэрозольных к раме предполагалось применение одного из приборов согласно рис. 8.58 с техническими характеристиками:

– диапазон измерения давления воздуха – от 0 кПа до 3 кПа;

– диапазон измерения расхода воздуха – от 0 л/мин до 0,5 л/мин.



Рисунок 8.58 – Приборы для контроля плотности посадки фильтров

Согласно 8.2.1 [143], должна проводиться проверка герметичности установки высокоэффективного воздушного фильтра, протечка через уплотнения при испытательном давлении 2 кПа должна быть не более 0,003% от номинального расхода воздуха через фильтр.

При номинальном расходе воздуха через фильтр аэрозольный Д-23кл или аналог 3400 м^3/ч значение протечки через уплотнение при давлении 2 кПа должно быть не более:

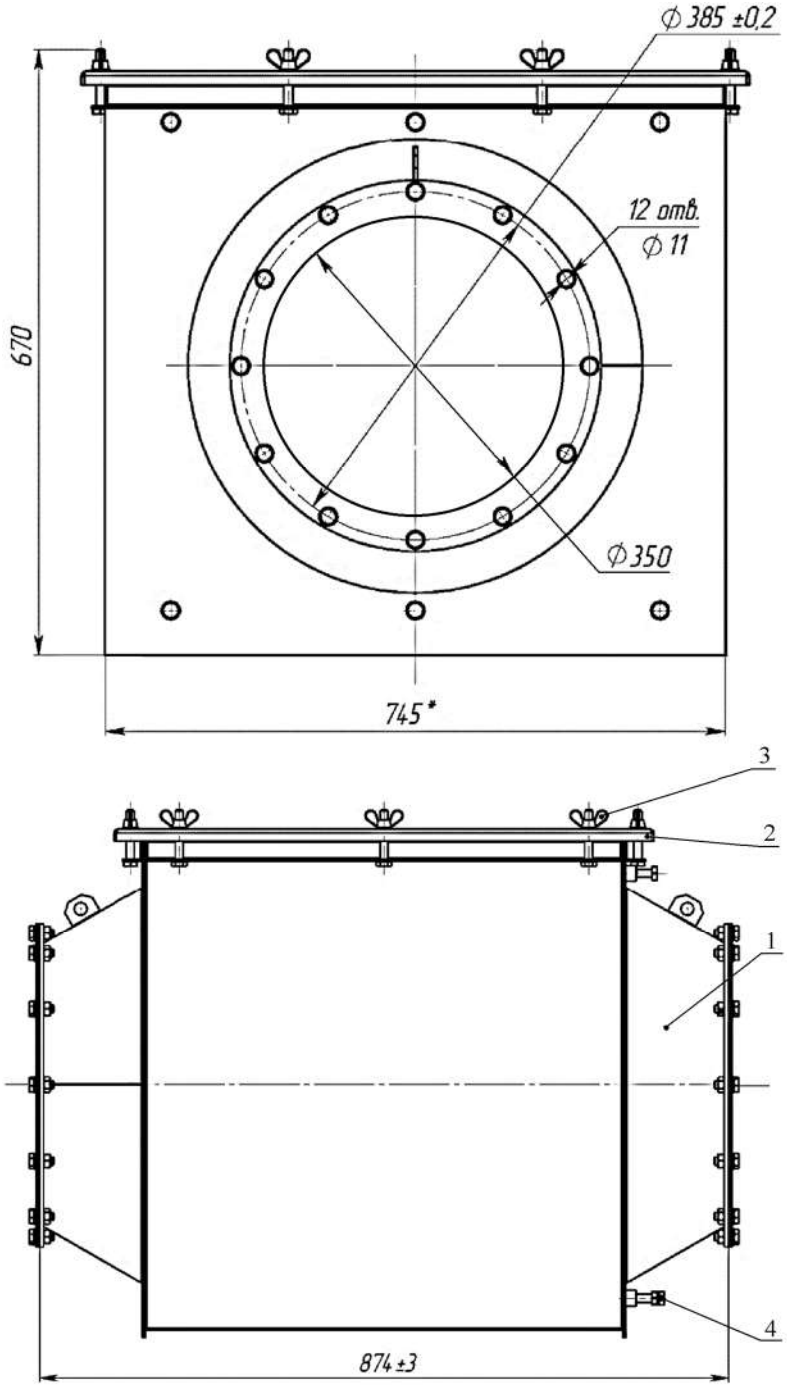
$$L_{пр} = \frac{3400 \cdot 0{,}003}{100} = 0{,}102 \text{ м}^3/\text{ч} = 0{,}17 \text{ л/мин} \qquad (8.8)$$

В настоящее время реконструкция систем вентиляции с фильтрами Запорожской АЭС не по силам.

8.4.10 Корпуса металлические Ду350

На системах вентиляции TL28, TL29, UV55 для установки и замены фильтров аэрозольных рабочей документацией предусмотрены корпуса металлические Ду350, при этом сталь толщиной 3 мм выполняет функцию биологической защиты.

Общий вид корпусов Ду350 показан на рис. 8.59.



Условные обозначения: 1 – корпус в сборе; 2 – крышка в сборе;
3 – гайка-барашек; 4 – болт специальный.

Рисунок 8.59 – Корпус металлический Ду350

Фильтры аэрозольные устанавливаются внутри корпусов, их уплотнение прижимается к рамке специальными болтами через планки.

Обратите внимание на то, что у корпусов Ду350 не предусмотрены крепления к строительным конструкциям или металлоконструкциям, нагрузки от сейсмических воздействий могут передаваться только на воздуховоды.

Конструкция корпуса Ду350 не обеспечивает возможность проверки плотности прилегания фильтров аэрозольных к рамкам.

В настоящее время несколькими предприятиями разработаны и поставлены на производство модернизированные сейсмостойкие корпуса Ду350, у которых предусмотрены:

– кронштейны для крепления корпусов к строительным конструкциям или металлоконструкциям, рассчитанные на стойкость к сейсмическим воздействиям до МРЗ включительно;

– возможность установки в любом пространственном положении;

– со стороны входа воздуха – П-образные рамки для уплотнения фильтров и контроля плотности их посадки с возможностью подачи сжатого воздуха во внутренние полости рамок;

– штуцеры для контроля перепада давления воздуха на фильтрах на патрубках для входа и выхода воздуха.

На Запорожскую АЭС модернизированные корпуса Ду350 не поступали.

Общий вид модернизированных сейсмостойких корпусов Ду350 показан на рис. 8.60.

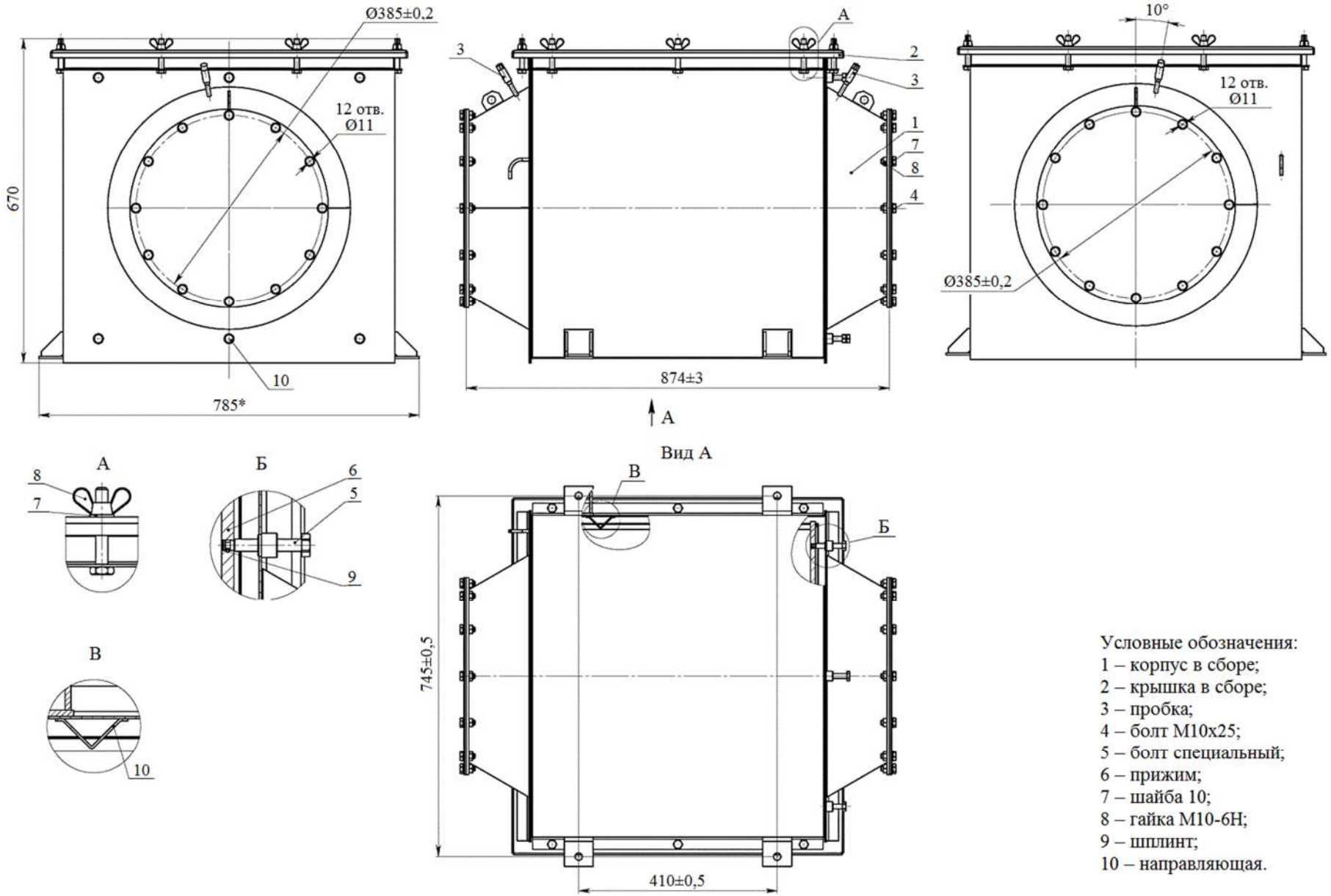


Рисунок 8.60 – Корпус модернизированный сейсмостойкий металлический Ду350

8.5 Электродвигатели для оборудования систем вентиляции и кондиционирования воздуха ЗСД и ЗКД

Для оборудования систем вентиляции и кондиционирования воздуха ЗСД и ЗКД применялись электродвигатели общепромышленного исполнения.

На стойкость к сейсмическим воздействиям электродвигатели отдельно не проверялись, а только в составе оборудования при проведении приемочных испытаний.

8.6 Электроприводы

На арматуре систем вентиляции установлены электроприводы согласно таблице 8.14.

Таблица 8.14

Наименование арматуры	В настоящем пособии	Марка электропривода
Клапаны воздушные комбинированные запорно-обратные фирмы Th. Jansen (чертеж 141226.15.0.A)	8.3.2	AUMA SAI-12-E125
Клапаны воздушные комбинированные запорно-обратные фирмы Th. Jansen (чертеж 141226.17.0.B)		AUMA SAI-25-E125
Клапаны воздушные комбинированные запорно-обратные К99074-1000		ОА04У2
Клапаны воздушные комбинированные запорно-обратные К99074-1200		ОА04У2
Клапаны локализующие фирмы Th. Jansen (чертеж 140950.03.0)	Таблица 8.9	AUMA SAN25-E90
Клапаны локализующие фирмы Th. Jansen (чертеж 140952.09.0)		AUMA SAN6-E63
Клапаны локализующие К01019-1600		Типа «Б» ТЭ099.193-10
Клапаны локализующие К1020-400		ОБ01У2
Клапаны локализующие ИА01017-200		ОБ07У2

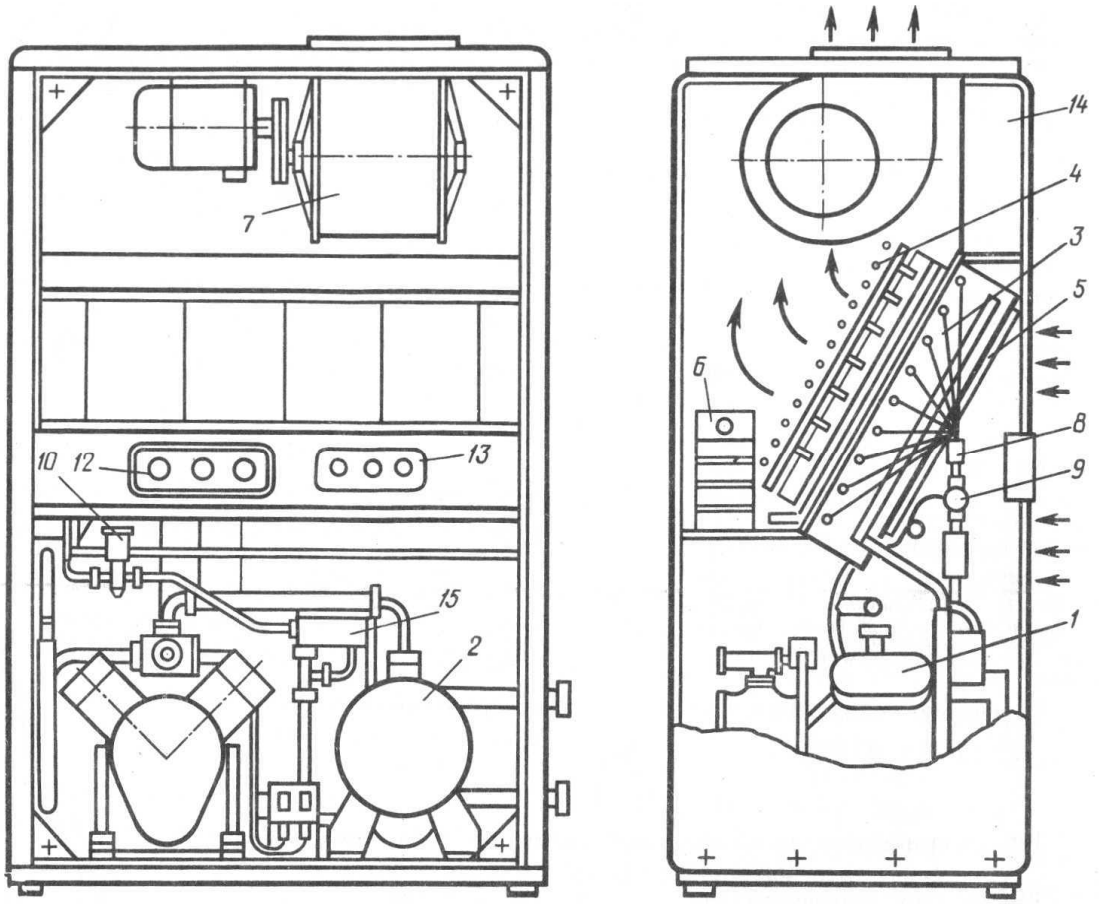
На клапанах герметичных вентиляционных установлены электроприводы многооборотные Тулаэлектропривод серии ОБ.

На клапанах воздушных утепленных, заслонках воздушных с электроприводом установлены электроприводы однооборотные типа МЭО.

На клапанах воздушных ГЕРМИК-П и клапанах противопожарных нормально открытых установлены электроприводы Belimo с возвратной пружиной, на клапанах дымовых – электроприводы Belimo без возвратной пружины.

8.7 Автономные кондиционеры

Автономные кондиционеры для систем кондиционирования воздуха были применены марки КТА Домодедовского машиностроительного завода (других в то время не было, и те доставались Запорожской АЭС с большими усилиями, т.к. почти вся продукцию завода распределялась в МО).



Условные обозначения: 1 – компрессор; 2 – конденсатор; 3 – испаритель; 4 – воздухонагреватель; 5 – фильтр воздушный; 6 – увлажнительное устройство; 7 – вентилятор; 8 – распределитель хладона; 9 – вентиль терморегулирующий; 10 – вентиль соленоидный хладоновый; 11 – вентиль соленоидный на воде; 12 – щиток приборный; 13 – панель управления; 14 – щит управления; 15 – фильтр хладоновый.

Рисунок 8.61 – Устройство кондиционера автономного КТА

Автономные кондиционеры типа КТА имеют следующие особенности:

– наличие в конструкции ТЭН для нагрева воздуха и увлажнительного устройства, совершенно не нужных для работы в режиме охлаждения;

– максимальная температура охлаждающей воды 28 °С (максимальная температура технической воды группы «А» в проекте указана 33 °С);

– установка щита управления внутри корпуса (при эксплуатации имели место случаи попадания в него конденсата);

– наличие ременной передачи от электродвигателя к валу вентилятора (при эксплуатации частички резины попадали в обслуживаемые помещения);

– вентиляторы применены среднего давления, расчетная скорость воздуха в выходных патрубках при номинальном расходе воздуха равна 18,5 м/с;

– забор рециркуляционного воздуха проводился через жалюзийные решетки в съемных панелях выше и ниже панели управления, возможность присоединения воздуховодов конструкцией не предусмотрена;

– применение датчиков-реле типа ДТКБ для автоматического регулирования температуры воздуха в обслуживаемых помещениях за счет включения и отключения компрессора;

– заправка хладоном R22;

– резьбовые соединения для присоединения трубопроводов технической воды.

Специалистам ЦВиК Запорожской АЭС пришлось внести изменения в конструкцию автономных кондиционеров для обеспечения их работоспособности и ремонтопригодности:

– демонтированы ТЭН и увлажнительные устройства;

– вынесены щиты управления из корпусов автономных кондиционеров на стены помещений;

– ременная передача заменена на карданную;

– из-за повышенного износа шатунно-поршневых механизмов компрессоров, работающих в режиме «старт-стоп», блокировки их включения и отключения были отключены;

– установлены съемные участки трубопроводов перед конденсаторами для возможности доступа к их трубкам при чистке.

С 2013 года за счет кредита ЕБРР Запорожская АЭС получила возможность замены автономных кондиционеров, для их закупки были разработаны технические требования, в том числе:

– задание значений минимальной холодопроизводительности автономного кондиционера согласно таблице 8.15;

Таблица 8.15

Условия проведения испытаний	Критерии успешного проведения испытаний
Номинальное значение объемного расхода воздуха Значения температуры воздуха на входе в кондиционер: – режим № 1 – (18,0±0,5) °С; – режим № 2 – (27,0±0,5) °С; – режим № 3 – (35,0±0,5) °С Значение расхода охлаждающей воды 50% от паспортного значения, но не более 2,25 $м^3$/ч Значение температуры охлаждающей воды (33±0,5) °С 100% рециркуляция воздуха Запрет включения увлажнителей воздуха на стенде	Значения общей холодопроизводительности автономных кондиционеров: – в режиме № 1 – не менее 11,7 кВт; – в режиме № 2 – не менее 17,1 кВт; – в режиме № 3 – не менее 21,9 кВт
Примечание – В акте (протоколе) должны быть указаны значения параметров: общая холодопроизводительность, общая потребляемая мощность, относительная влажность воздуха перед испарителем, давление кипения и конденсации хладона.	

– снижение расхода воздуха до (4500±500) $м^3$/ч в номинальном режиме;

– возможность изготовления автономных кондиционеров в едином корпусе и раздельного типа;

– заправка озонобезопасным хладагентом;

– ограничение размеров и массы автономных кондиционеров;

– запрет ременной передачи в конструкции автономных кондиционеров;

– обеспечение установки и снятия воздушных фильтров без ударов и перекосов;

– установка стальных фланцев на патрубках конденсаторов.

При проведении приемочных испытаний должны быть выполнены:

– проверка наличия протечки конденсата помимо дренажных патрубков;

– проверка уноса капель конденсата за пределы кондиционеров (испарительных блоков);

– проверка стойкости к нагрузкам на патрубки охлаждающей воды;

– измерение зависимости перепада давления воды на конденсаторах от объемного расхода охлаждающей воды;

– измерение общей холодопроизводительности автономных кондиционеров в нестандартных режимах (при 100% рециркуляции и отсутствии влагопоступлений) согласно таблице 8.16 (таблица заполнена по результатам приемочных испытаний кондиционера автономного КЛА-К1.25С).

Таблица 8.16

Температура воздуха на входе в кондиционер, °С	Значения общей холодопроизводительности, кВт								
	Объемный расход охлаждающей воды 50% номинального значения при температуре воды, °С			Объемный расход охлаждающей воды 75% номинального значения при температуре воды, °С			Объемный расход охлаждающей воды 100% номинального значения при температуре воды, °С		
	15	24	33	15	24	33	15	24	33
18	15,8	12,9	11,7	17,1	14,4	13,8	17,1	15,0	14,4
27	20,8	18,9	17,1	22,8	19,6	19,0	22,9	21,0	20,4
35	26,8	24,5	21,9	28,5	26,0	23,6	28,1	26,9	24,5

На основании измеренных значений общей холодопроизводительности автономных кондиционеров можно методом интерполяции определять значение данного параметра в реальных условиях эксплуатации систем кондиционирования воздуха.

В технических требованиях к автономным кондиционерам указаны требования к их системам управления:

– аварийное отключение автономных кондиционеров при отклонениях параметров электроснабжения от допускаемых значений;

– запрет включения компрессоров в течение заданного времени;

– отключение автономных кондиционеров при отклонениях параметров хладона и/или воздуха от допускаемых значений;

– запрет включения автономных кондиционеров при срабатывании АСП;

– отключение с запретом включения автономных кондиционеров при срабатывании АПС;

– возможность включения кондиционеров при прекращении воздействия АСП или АПС;

– запись информации о причине и времени аварийного отключения автономных кондиционеров (вентиляторов, компрессоров) в энергонезависимую память;

– самозапуск после восстановления электропитания;

– проверка допуска персонала к включению и изменению режима работы автономных кондиционеров;

– выдача сигнала на включение резервных кондиционеров во внешнюю цепь при аварийном отключении кондиционеров по любой причине или отключении электропитания;

– включение автономных кондиционеров при получении сигнала из внешней цепи;

– периодическое сохранение текущих параметров воздуха, хладона и напряжения питания силовых цепей в энергонезависимой памяти;

– учет наработки компрессоров и вентиляторов;

– вывод информации о параметрах кондиционеров во внешние цепи;

– вывод на дисплеи автономных кондиционеров значений напряжения в силовых цепях, давления и температуры хладона, температуры воздуха.

Марка хладона в ТЗ на автономные кондиционеры для модернизации систем кондиционирования воздуха блока № 1 не задавалась. В ТЗ на автономные кондиционеры для модернизации систем кондиционирования воздуха последующих блоков указывалась марка хладона R410a, т.к. им были заправлены автономные кондиционеры для блока № 1.

Автономные кондиционеры, соответствующие указанным выше техническим требованиям, были изготовлены и смонтированы на блоках № 1, 3, 4, 5 Запорожской АЭС.

При этом ранее установленные автономные кондиционеры заменялись:

– КТА1-10-01 – на два автономных кондиционера;

– КТА1-4-01А – на один автономный кондиционер.

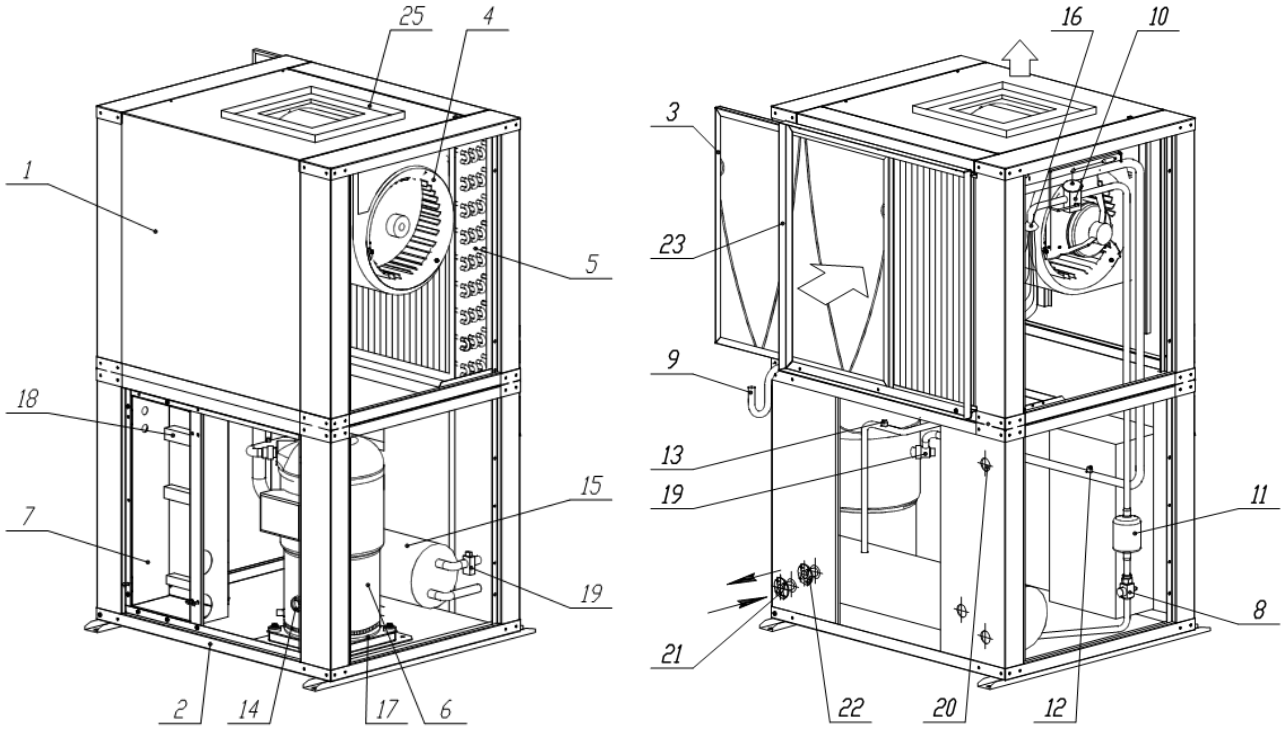
Снижение холодопроизводительности одного автономного кондиционера позволило:

– снизить частоту включения и отключения компрессоров;

– более равномерно распределить техническую воду группы «А» для охлаждения конденсаторов автономных кондиционеров по каналам СБ.

Автономные кондиционеры раздельного типа нашли свое применение на системах кондиционирования воздуха РПУ и АБП УВС, что позволило отказаться от установки на воздуховодах противопожарных клапанов, а существующие воздуховоды демонтировать.

Конструкция одной модели автономных кондиционеров показана на рис. 8.62.



Условные обозначения: 1 – блок испарительный; 2 – блок компрессорно-конденсаторный; 3 – фильтр воздушный; 4 – вентилятор испарителя; 5 – испаритель; 6 – компрессор; 7 – отсек для электрооборудования; 8 – вентиль жидкостный; 9 – патрубок дренажный; 10 – ТРВ; 11 – фильтр хладоновый; 12 – реле защитное низкого давления; 13 – реле защитное высокого давления; 14 – стекло смотровое; 15 – конденсатор водяной; 16 – распределитель хладоновый; 17 – подогреватель картерный; 18 – промклеммник; 19 – вентиль всасывания компрессора; 20 – ввод кабельный; 21 – вход охлаждающей воды; 22 – выход охлаждающей воды; 23 – вход воздуха; 24 – выход воздуха.

Рисунок 8.62 – Кондиционеры КЛА-К1.25С, КЛА-Р1.25С

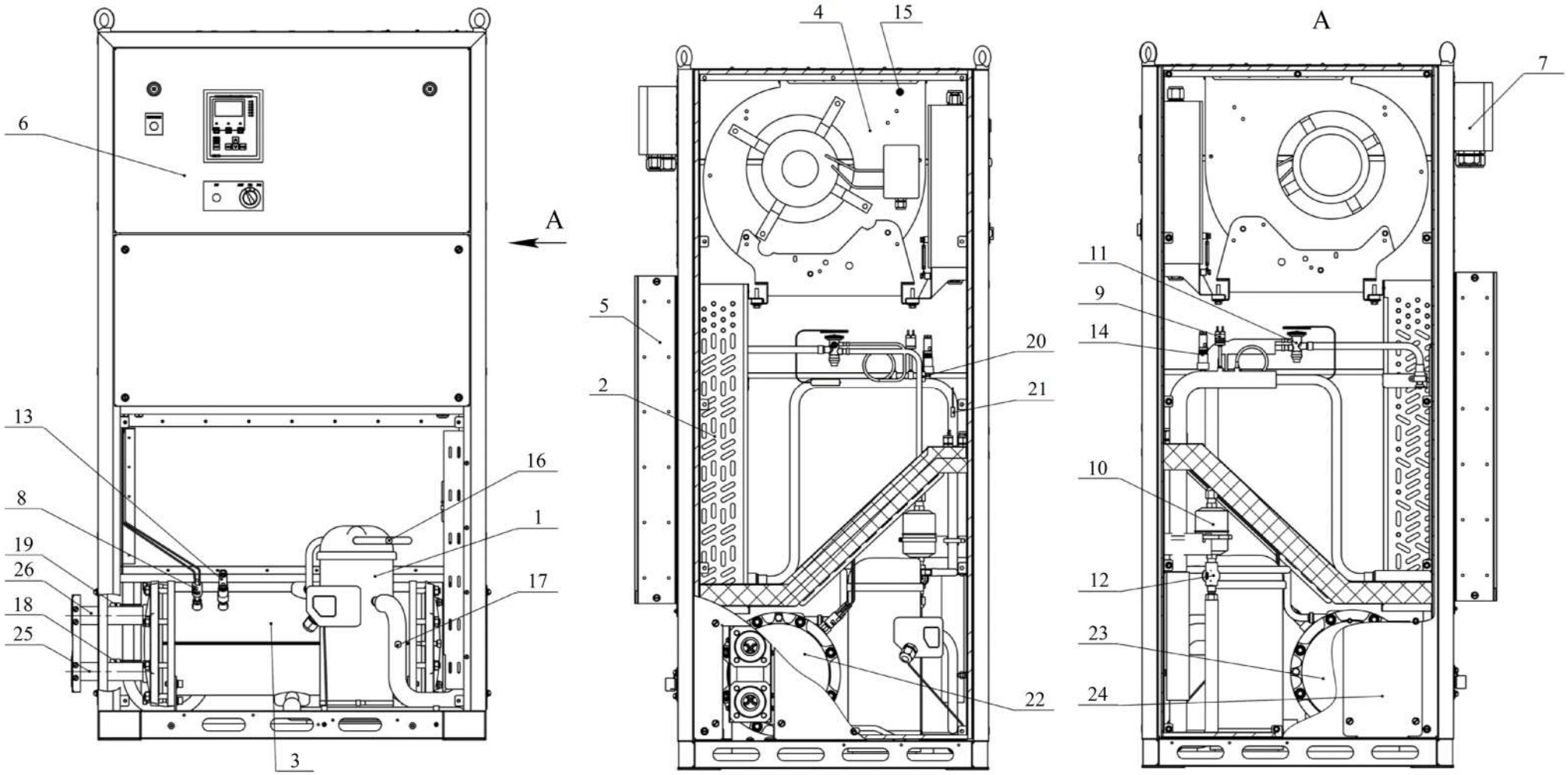
Конструкция еще одной модели автономных кондиционеров показана:

– моноблочный кондиционер – на рис. 8.63;

– компрессорно-конденсаторный агрегат кондиционера раздельного типа – на рис. 8.64;

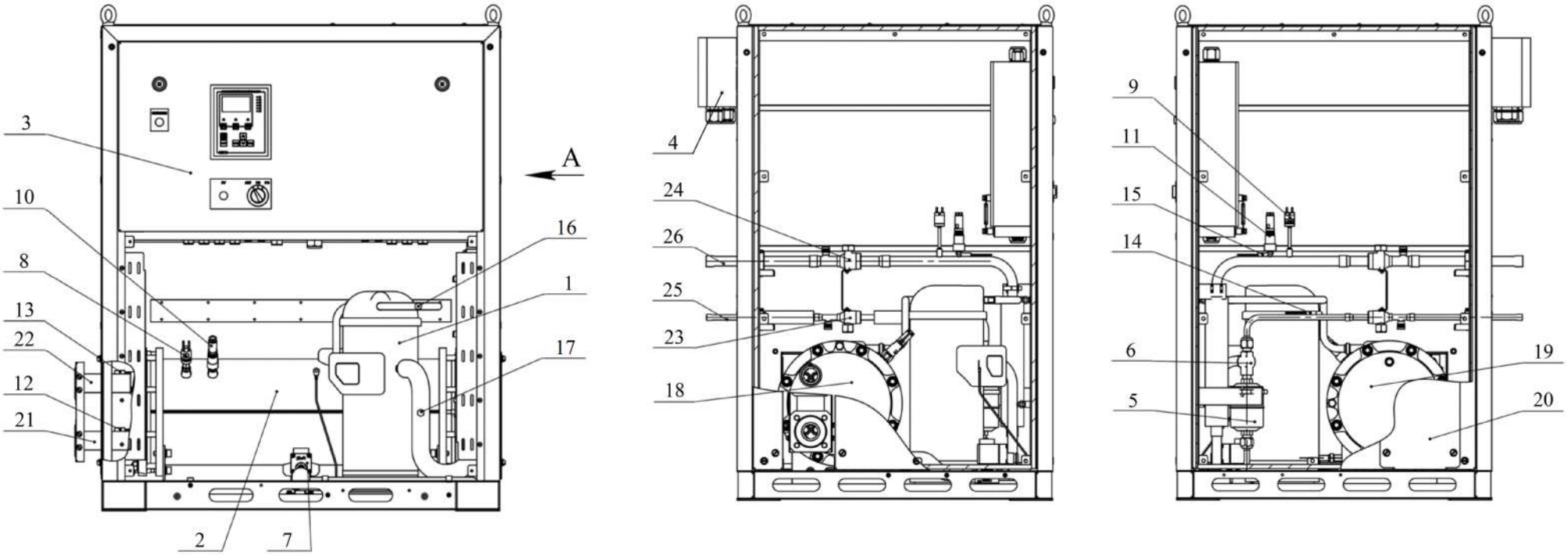
– холодильно-вентиляторная секция кондиционера раздельного типа – на рис. 8.65.

Кондиционер автономный раздельного типа состоит из холодильно-вентиляторной секции и компрессорно-конденсаторного агрегата, соединенных между собой хладоновыми трубопроводами и проводной связью.



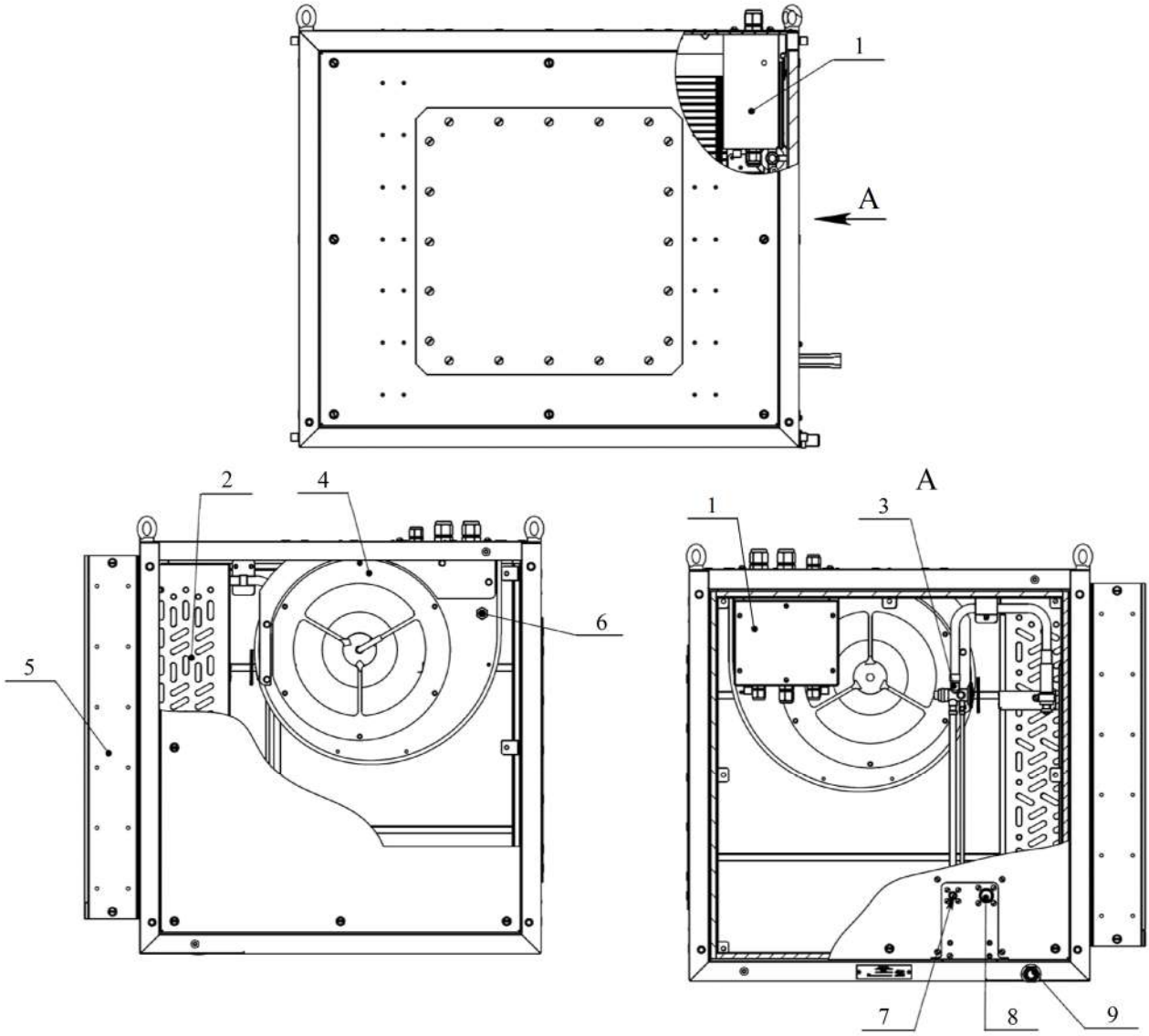
Условные обозначения: 1 – компрессор; 2 – испаритель; 3 – водяной конденсатор; 4 – вентилятор; 5 – входной патрубок с фильтром воздушным; 6 – щит управления; 7 – клеммная коробка; 8 – реле высокого давления; 9 – реле низкого давления; 10 – фильтр-осушитель; 11 – ТРВ; 12 – смотровое стекло; 13 – датчик высокого давления; 14 – датчик низкого давления; 15 – датчик температуры воздуха; 16, 17 – сервисные штуцеры; 18, 19 – датчики температуры воды; 20, 21 – датчики температуры хладагента; 22, 23 – крышки конденсатора; 24 – накладка; 25, 26 – трубопроводы подвода воды к конденсатору.

Рисунок 8.63 – Кондиционер КА 60/6С



Условные обозначения: 1 – компрессор; 2 – водяной конденсатор; 3 – щит управления; 4 – клеммная коробка; 5 – фильтр-осушитель; 6 – смотровое стекло; 7 – соленоидный вентиль; 8 – реле высокого давления; 9 – реле низкого давления; 10 – датчик высокого давления; 11 – датчик низкого давления; 12, 13 – датчики температуры воды; 14, 15 – датчики температуры хладагента; 15, 16 – сервисные штуцеры; 18, 19 – крышки конденсатора; 20 – накладка; 21, 22 – трубопроводы подвода воды в конденсатор; 23, 24 – запорные вентили на трубопроводах хладагента; 25, 26 – трубопроводы хладагента.

Рисунок 8.64 – Компрессорно-конденсаторный агрегат кондиционера КА 60/2С



Условные обозначения: 1 – клеммная коробка; 2 – испаритель; 3 – ТРВ; 4 – вентилятор; 5 – входной патрубок с фильтром воздушным; 6 – датчик температуры воздуха; 7, 8 – трубопроводы хладагента; 9 – штуцер дренажа.

Рисунок 8.65 – Холодильно-вентиляторная секция кондиционера КА 60/2С

8.8 Приточные камеры

На приточных системах вентиляции для очистки наружного воздуха от пыли и его нагрева или охлаждения рабочей документацией предусмотрена установка приточных камер:

- на блоках № 1-4 – типа 1ПК по типовой серии 3.904-15;
- на блоках № 5, 6 – типа 2ПК по типовой серии 5.904-12.

Приточные камеры состоят из:

- клапана воздушного утепленного типа КВУ;
- приемной секции;
- секции фильтра грубой очистки;
- секции воздухонагревателя;
- присоединительной секции.

Как правило, в секции воздухонагревателей устанавливались два ряда воздухонагревателей:

- в холодный период года на первый ряд подавалась сетевая вода;
- в теплый период года на оба ряда должна была подаваться рабочая вода от ПЭМ.

Для переключения режимов работы секции воздухонагревателей на трубопроводах системы теплохолодоснабжения была предусмотрена арматура.

Так как ПЭМ UX21H01 на блоках Запорожской АЭС не работает (см. 6.5 настоящего пособия), в теплый период года приточный воздух не охлаждается.

8.9 Центральные кондиционеры

По первоначальному проекту на системе кондиционирования воздуха UV06 установлены кондиционеры центральные Кд20 производства Харьковского завода «Кондиционер».

В состав центральных кондиционеров входят:

- камеры воздушные;
- клапаны приемные с электроприводом;
- клапаны проходные с электроприводом;
- фильтры воздушные с объемным нетканым фильтрующим материалом
- камеры орошения;
- воздухонагреватели второго подогрева, подключенные к системе горячего водоснабжения UT31, с обводным клапаном;
- секции присоединительные;
- камеры обслуживания.

Приточные вентиляторы UV06D01, D02 и рециркуляционные вентиляторы UV06D03, D04 установлены отдельно.

На блоке № 4 в рамках модернизации систем кондиционирования воздуха выполнена замена центральных кондиционеров Кд20 на кондиционеры каркасно-панельные КПКП-16 по [213] производства ООО «Веза-Украина» г. Харьков. Рециркуляционные блоки установлены отдельно.

В состав центральных кондиционеров на блоке № 4 входят:

- клапан воздухозаборный;
- блок воздухоприемный;
- фильтр панельный класса G3 по [14];
- воздухонагреватель жидкостный;
- фильтр карманный тонкой очистки класса F9 по [14];
- камера увлажнения сотовая с насосом;
- вентиляторы.

8.10 Передвижные вентиляционные установки

Передвижные вентиляционные установки, оснащенные аэрозольными фильтрами или аэрозольными и йодными фильтрами, серийно выпускаются в достаточном количестве.

Фотографии и чертежи общего вида нескольких передвижных вентиляционных установок для АС показаны на рис. 8.66-8.68.



Рисунок 8.66 – Установка переносная комбинированная УВПФК

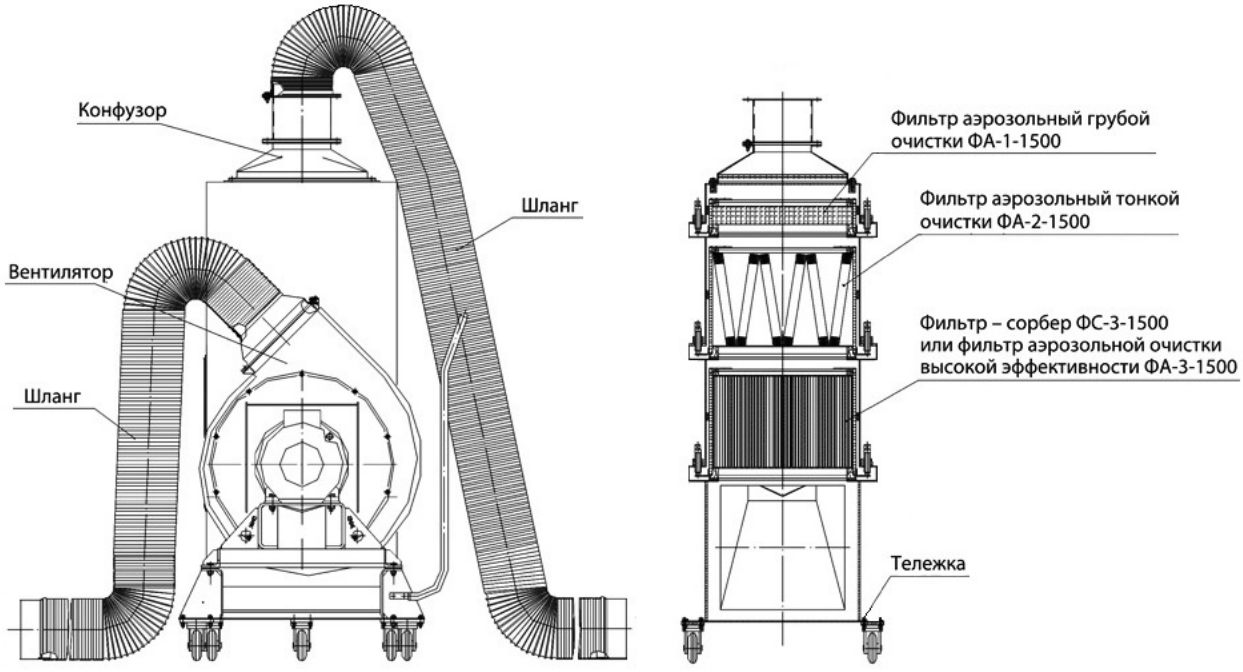
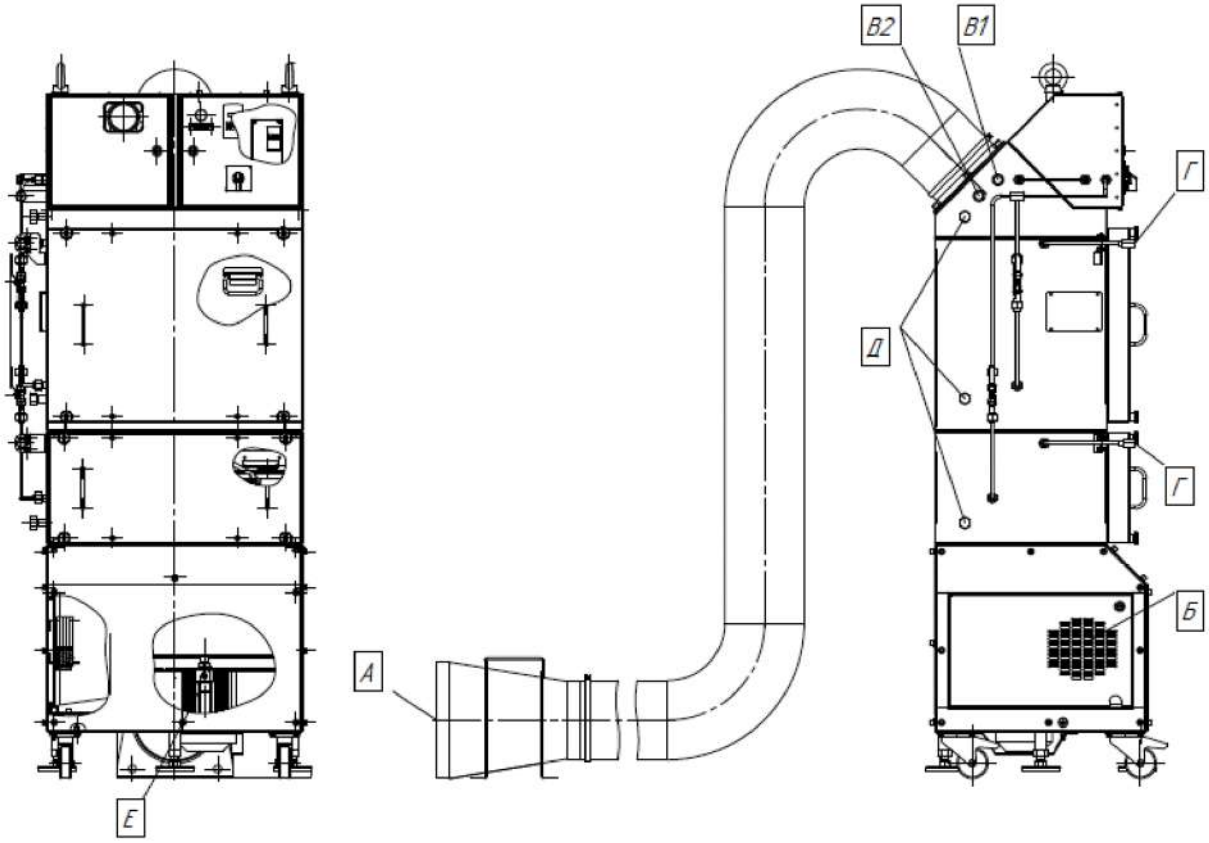


Рисунок 8.67 – Мобильная фильтровентиляционная установка для АЭС



Экспликация патрубков: А – вход среды; Б – выход среды; В1 – измерение температуры; В2 – измерение влажности; Г – контроль плотности посадки фильтра; Д – отбор проб; Е – дренаж.

Рисунок 8.68 – Установка фильтровальная передвижная УФППЭ-1000

Воздух, попавший во входной патрубок передвижных вентиляционных установок, будет почти на 100% очищен от пыли, радиоактивных аэрозолей и йода (при наличии йодной ступени). Но для того, чтобы удалить максимально возможное количество радиоактивных веществ от места их образования, необходимо установить воздухоприемное устройство на минимально возможном расстоянии от источника пыли, радиоактивных аэрозолей и йода.

А в конструкции приведенных выше передвижных вентиляционных установок какие-либо устройства, позволяющие устанавливать и фиксировать воздухоприемные устройства в заданном положении, не предусмотрены.

В 2019 году ООО «НПП «Энергорост» г. Харьков при технической поддержке специалистов Запорожской АЭС поставлена на производство передвижная вентиляционная установка ПФВА-1200, которая может выпускаться:

– с двумя ступенями очистки (фильтр грубой очистки и фильтр HEPA) и тремя ступенями очистки (фильтр грубой очистки, фильтр HEPA и адсорбер угольный);

– с подъемно-поворотным вытяжным устройством радиусом действия 2 м, или 3 м, или без указанного устройства;

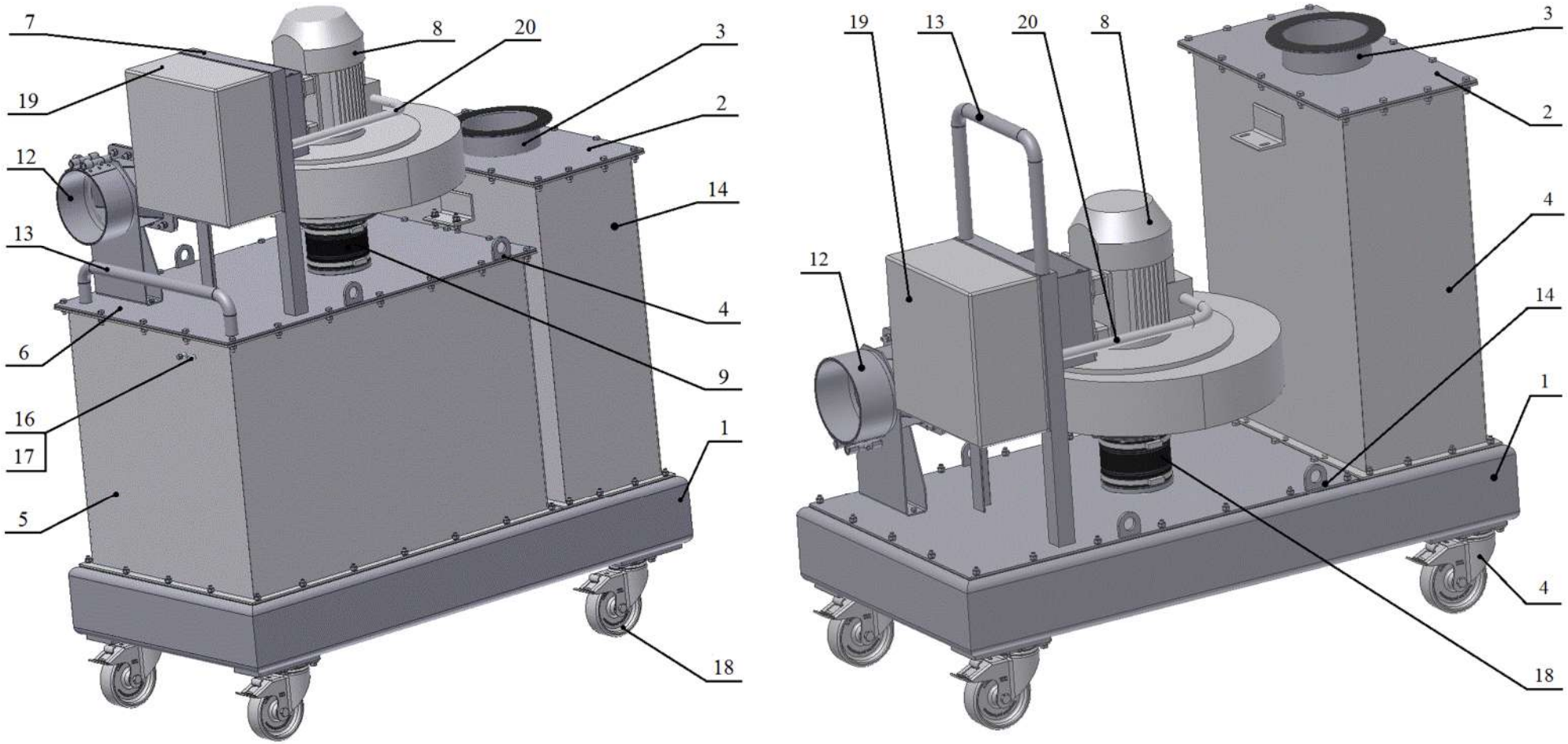
– установлены поворотные колеса с фиксаторами.

С установки ПФВА-1200 при необходимости может сниматься адсорбер угольный, при этом блок вентилятора может устанавливаться непосредственно на раму.

Указанные особенности конструкции установки ПФВА-1200 позволяют установить ее в месте, где она не будет препятствовать выполнению ремонтных работ, а раструб подъемно-поворотного вытяжного устройства установить и зафиксировать на минимально возможном расстоянии от источника радиоактивных веществ.

Опытный образец установки прошел приемочные и приемо-сдаточные испытания, был поставлен на Хмельницкую АЭС.

На рис. 8.69 показан общий вид установки ПФВА-1200, на рис. 8.70 – зоны обслуживания ПФВА-1200 по горизонтали и вертикали.



а) Исполнение со ступенью йодной очистки

б) Исполнение без ступени йодной очистки

Условные обозначения: 1 – рама; 2 – крышка фильтра аэрозольного; 3 – патрубок входной; 4 – фильтр аэрозольный двухступенчатый; 5 – адсорбер угольный; 6 – крышка адсорбера угольного; 7 – стойка; 8 – вентилятор; 9 – рукав; 11 – амортизатор; 12 – переходник; 13 – ручка; 14 – ушко; 16 – пробка; 17 – кольцо; 18 – колесо; 19 – шкаф управления; 20 – кабель в металлорукаве.

Рисунок 8.69 – Передвижная вентиляционная установка ПФВА-1200 без подъемно-поворотного вытяжного устройства

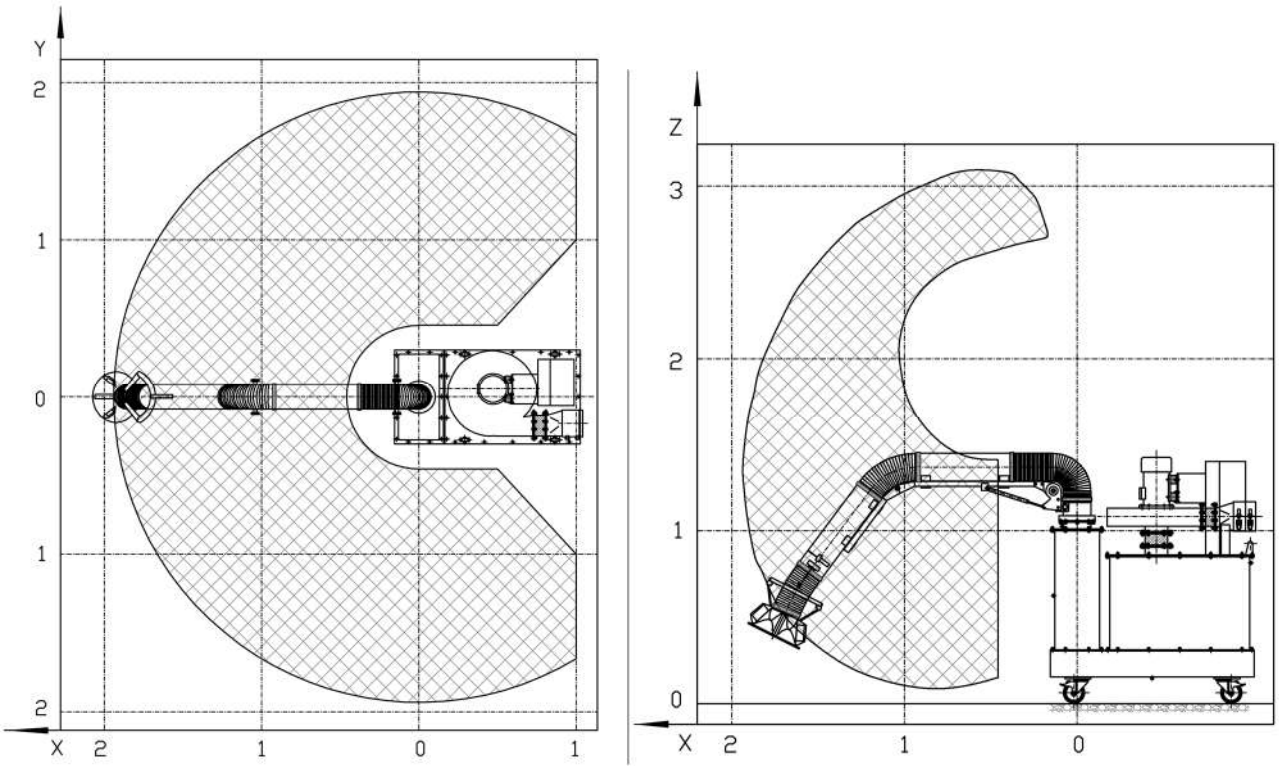


Рисунок 8.70 – Зоны обслуживания ПФВА-1200 по горизонтали и вертикали

В настоящее время Запорожская АЭС не имеет возможности закупать передвижные вентиляционные установки.

8.11 Воздуховоды

8.11.1 Изготовление воздуховодов

Требования к воздуховодам систем вентиляции и кондиционирования воздуха АС приведены в 13.16 [34], не противоречат действующим НД:

– воздуховоды вентиляционных систем могут выполняться металлическими или в строительных конструкциях;

– воздуховоды для подвода воздуха к пневмокостюмам следует выполнять из материалов, не подверженных коррозии: для гермозоны – из нержавеющей стали; для ЗКД – из алюминия или нержавеющей стали;

– соединение деталей воздуховодов для ЗСД (кроме систем безопасности и вытяжных систем аккумуляторных) предусматривать на фланцах или бандажах;

– соединение деталей воздуховодов для ЗКД, систем безопасности и вытяжных систем аккумуляторных – на сварке сплошным швом, допускается соединять концевые участки воздуховодов ЗКД на фланцах в пределах помещения, где имеются приточные или вытяжные отверстия;

– крепление воздуховодов, присоединяемых к вентиляторам, кондиционерам и другому оборудованию, следует проектировать так, чтобы нагрузки от воздуховодов не передавались на оборудование;

– прокладка через кабельные отсеки трубопроводов систем теплоснабжения, отопления и др., а также транзитных воздуховодов систем вентиляции, не связанных с вентиляцией кабельных отсеков запрещается.

– толщину стали принимать:

- для воздуховодов ЗСД (кроме систем безопасности) по [31], но не менее 1,7 мм;
- для воздуховодов ЗКД, обеспечивающих систем безопасности, толщина металла определяется по условиям производства сварки и составляет (1,5-2,0) мм;
- для закладных деталей воздуховодов зоны ЗСД и ЗКД – 2 мм;

- для закладных деталей воздуховодов гермозоны – 3 мм;
- допускается воздуховоды диаметром менее 200 мм выполнять из стандартных трубопроводов.

На детали и элементы воздуховодов АС были разработаны отраслевые стандарты [214].

Не было внесено в рабочую документацию требование 13.16.2 [34] о том, что сборный вентиляционный короб к венттрубе, а также все вентиляционные короба, выполняемые в строительных конструкциях, должны быть герметичны, и облицованы внутри металлом. В рабочей документации была предусмотрена антикоррозионная защита строительных конструкций эпоксидной эмалью.

Требования к сварным соединениям напорных воздуховодов и сборных коллекторов вытяжных систем в 13.16.11 [34] имеются, но были внесены в рабочую документацию только блоков № 5, 6 (последствия описаны в 6.12.2 настоящего пособия).

Остальные требования 13.16 [34] устарели.

8.11.2 Опоры воздуховодов

В 13.16.13 [34] указано, что крепление воздуховодов, обслуживающих помещения систем, важных для безопасности и транзитных воздуховодов, проходящих через помещения, где размещается оборудование систем безопасности, следует проектировать с учетом сейсмических воздействий.

Однако в рабочую документацию чертежи опор воздуховодов не были включены.

На основании 6.5 [215] и типовой серии [216] монтажной организацией были изготовлены и смонтированы опоры воздуховодов, конечно, не рассчитанных на сейсмические воздействия.

При модернизации систем вентиляции и кондиционирования воздуха, если воздуховоды I или II категории сейсмостойкости по [128] попадали в зону проектирования, их крепления рассчитывались и проектировались заново.

8.11.3 Огнезащита воздуховодов

По первоначальному проекту огнезащита транзитных воздуховодов выполнялась согласно пособию 6.91 к [30] и выпуску 10 к [31].

Описание огнезащиты транзитных воздуховодов приведено в таблице 8.17.

Таблица 8.17

Назначение оборудования и воздуховодов	Описание огнезащиты	Толщина, мм	
		в свободном состоянии	в сжатом состоянии
Воздуховоды систем вентиляции АБ и помещений категории пожарной опасности «В»	Матрацы из супертонкого стекловолокна в обкладке из стеклоткани Т-13	70	50
		80	60
		50+50	70
Коллекторы вытяжных систем вентиляции ЗКД		70+70	90
		60+60	100
Клапаны противопожарные и обратные на системах вентиляции помещений категории пожарной опасности «В»		80+80	110

Снаружи на огнезащитное покрытие устанавливался покровный слой из листового алюминия толщиной 0,7 мм.

В пределах кабельных этажей снаружи на огнезащитное покрытие устанавливались полиэтиленовая пленка с проклейкой швов липкой лентой, предусмотрена была герметизация стыков алюминиевого покрытия герметиком.

Для огнезащиты воздуховодов при модернизации систем вентиляции и кондиционирования воздуха применялись:

– огнезащитная система «Брандизол – огнезащита воздуховодов на основе картона ТК-4 АФ»;

– огнезащитный материал «PYRO-SAFE FLAMMOPLAST KS 1»;

– минераловатные плиты ProRox WM 950.

Для уплотнения кабельных проходок применялась огнезащитная шпатлевка ПИРО-СЕЙФ Фламмопласт КС-3.

8.11.4 Антикоррозионная защита

Антикоррозионная защита оборудования и воздуховодов в ЗКД выполнялась по отдельному проекту, описание ее приведено в таблице 8.18.

Таблица 8.18

Назначение оборудования и воздуховодов	Поверхность	Обозначение	Описание антикоррозионной защиты
Оборудование и воздуховоды в обстройке	наружная	С1	Пескоструйная очистка Обеспыливание Обезжиривание Грунтовка ЭП-0010 – 1 слой Эмаль ЭП-574 – 5 слоев
Воздуховоды в гермооболочке	внутренняя		
Воздуховоды в обстройке	внутренняя	С2	Пескоструйная очистка Обеспыливание Обезжиривание Грунтовка ЭП-0010 – 1 слой Эмаль ЭП-574 – 3 слоя
Закладные детали в строительных конструкциях гермооболочки	внутренняя	С3	Обеспыливание Пескоструйная очистка Обезжиривание Металлизация алюминием 200 мкм Эмаль ЭП-525 – 2 слоя

Для воздуховодов вытяжных систем вентиляции из помещений АБ и воздуховодов приточных систем вентиляции в пределах помещений АБ предусматривалось после очистки покрытие внутри и снаружи кислотостойким лаком.

На секции воздуховодов, изготовленных МУ-4 СЭМВ, антикоррозионная защита наносилась специализированной организацией, после чего секции поступали в монтаж.

Соединение секций воздуховодов в ЗКД проводилось ручной электросваркой по гребням фланцев, при этом часть антикоррозионного покрытия выгорала. Снаружи покрытие восстанавливали путем нанесения эпоксидной эмали кистью, но внутри воздуховода выгоревшее покрытие не всегда удавалось восстановить.

9 Монтаж оборудования систем вентиляции и кондиционирования воздуха при строительстве блоков и выполнении работ по их модернизации

9.1 Организация работ по приемке оборудования и систем из монтажа

При строительстве блоков Запорожской АЭС выполнялся монтаж оборудования, трубопроводов и воздуховодов систем вентиляции и кондиционирования воздуха.

Контроль качества СМР в части систем вентиляции и кондиционирования воздуха должны были осуществлять инженеры технологического отдела УКС, но их было немного, и они не могли физически проконтролировать все монтажные операции.

Было принято следующее распределение обязанностей по приемке систем и оборудования у монтажных организаций:

– оборудование осматривали и принимали мастера по ремонту службы вентиляции;

– места врезки бобышек под СИ и ТСА на воздуховодах размечали инженеры лаборатории наладки службы вентиляции;

– закладные детали, воздуховоды осматривали и принимали инженеры лаборатории наладки службы вентиляции;

– документацию оформляли инженеры технологического отдела УКС.

9.2 Использование информации, полученной при СМР и ПНР

В ходе СМР систем вентиляции и кондиционирования воздуха поступала информация от монтажных организаций, ремонтного персонала и подразделений Запорожской АЭС:

– о трудности доступа к оборудованию;

– о неработоспособности отдельных систем;

– о наличии застойных зон в обслуживаемых помещениях.

От персонала подрядной организации, выполняющей ПНР систем вентиляции и кондиционирования воздуха, постоянно поступала информация о невозможности обеспечения проектного расхода воздуха в отдельные помещения (группу помещений).

После анализа результатов СМР и ПНР вносились изменения в рабочую документацию систем вентиляции и кондиционирования воздуха, как правило, путем выпуска чертежей ГРП. Разрабатывали чертежи совместно инженеры лаборатории наладки вентиляции и ГРП. В рабочую документацию последующих блоков изменения вносились уже силами АЭП, или чертежи ГРП распространялись на последующие блоки, если рабочая документация уже была выдана в производство.

9.3 Изменения, внесенные в рабочую документацию путем выпуска чертежей ГРП

По чертежам ГРП были выполнены изменения систем вентиляции и кондиционирования воздуха, перечень их приведен в таблице 9.1.

Таблица 9.1

Содержание чертежей ГРП	Пункты настоящего пособия
Изготовление и монтаж съемных патрубков между ВБ и закладной деталью ГП-19	4.2.3
Монтаж дренажных трубопроводов из корпусов аэрозольных фильтров ФАРТОС Ц-500	4.2.5
Монтаж трубопроводов и арматуры для локальных испытаний на герметичность локализующей арматуры систем TL21, TL22, TL27, TL41, TL42, TL48	4.2.5, 4.3.1, 4.3.2, 4.3.3, 4.5.2
Исключение воздуховодов перед вентиляторами на системе UV40	4.2.6
Замена коллектора систем TL41D02, D03 на воздухораспределители ВЭС	4.3.2
Перенос фильтров аэрозольных системы TL28 в помещения AB926/1, 2	4.5.3
Перестановка вентиляторов систем TL28 и UV55	4.5.3

Содержание чертежей ГРП	Пункты настоящего пособия
Перенос оборудования системы UV36 на блоке № 6 на отм. 28,800	4.6.4
Изменения в конфигурации воздуховодов системы UV48 в помещении А820	4.6.4
Подключение помещения узла связи АЭ346 к воздуховодам UV02D05, D06	4.7.3
Изменение воздухораспределения системы кондиционирования воздуха UV04 в помещении АЭ128/1	4.7.4
Разнесение оборудования систем кондиционирования воздуха UV09 и UV10 по различным помещениям на блоке № 3	4.7.7
Изменение значений расхода воздуха от систем вентиляции и кондиционирования воздуха в помещениях АЭ607/1-3, АЭ609/1-3	4.7.7
Изменение назначения и компоновки системы UV11, аннулирование системы UV12 на блоках № 5, 6	4.7.9
Устройство системы кондиционирования воздуха TL16 для помещений пультовой перегрузочной машины	4.7.12
Увеличение диаметров трубопроводов технической воды группы «А», перевод конденсаторов системы кондиционирования воздуха UV10 на охлаждение технической водой группы «А»	6.2
Изменение конфигурации коллекторов систем вентиляции TL22-TL30	6.12
Перенос фильтров ячейковых в воздухозаборные камеры	8.4.1

9.4 Площадки обслуживания

В ходе монтажа оборудования систем вентиляции в помещениях приточных и вытяжных венцентров обнаружилось, что часть оборудования (клапаны герметичные вентиляционные и клапаны воздушные с электроприводом) практически недоступна для проведения осмотра, технического обслуживания и ремонта, т.к. находится выше 2,5 м.

По чертежам ГРП изготовлены и смонтированы почти сотня площадок обслуживания арматуры, конечно, они загромоздили объем вентцентров, усложнили передвижение оперативного персонала, но обеспечили доступ ремонтного персонала к оборудованию.

9.5 Фундаменты под оборудование систем вентиляции и кондиционирования воздуха

На рис. 9.1 показано несколько этапов возведения гермооболочки и обстройки РО. Сразу же после того, как было выполнено перекрытие какой-либо отметки, и бетон перекрытия набрал прочность, монтажники приступали к установке на данной отметке крупногабаритного технологического оборудования в т.ч. систем вентиляции и кондиционирования воздуха, пока есть возможность использования крана «Kroll».

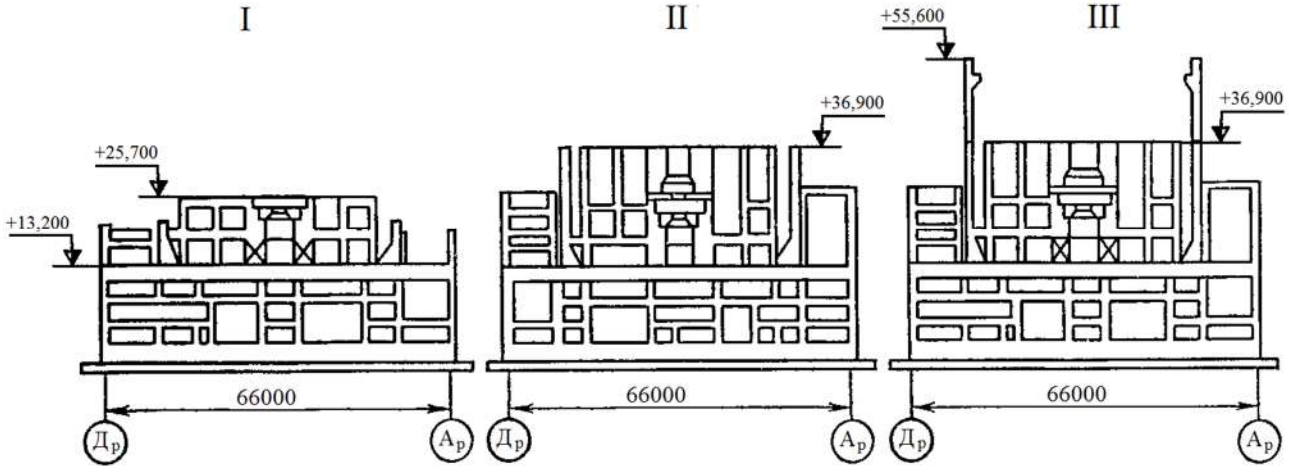


Рисунок 9.1 – Этапы возведения гермооболочки и обстройки РО

Без применения крана «Kroll» доставка оборудования в гермооболочку или обстройку РО являлась крайне трудоемкой и опасной операцией.

Ввиду невозможности контроля персоналом Запорожской АЭС каждой монтажной операции, очень часто монтажники, не дожидаясь выполнения фундаментов под оборудование согласно рабочей документации, устанавливали вентиляторы на временные рамы, после чего строители ставили опалубку и заливали в нее бетон. Затем вентилятор предъявлялся сотрудникам Запорожской АЭС, при этом проверить, насколько фундаменты соответствуют рабочей документации, не было физической возможности.

Конечно, фундаменты под вентиляторы ВДН-17, ВДНА-нж-17с выполнялись точно в соответствии с рабочей документацией, под контролем кураторов строительного отдела УКС, но вентиляторы меньшего размера так и остались установленными на непроектных фундаментах.

9.6 Дефекты закладных деталей

Рабочей документацией предусмотрена прокладка закладных деталей в качестве элементов систем вентиляции и кондиционирования воздуха внутри строительных конструкций:

- в шахте реактора;
- во внутренних стенах гермооболочки и обстройки;
- в фундаментной плите с отм. -1,200 до отм. 0,000;
- в фундаментной плите гермооболочки с отм. 10,800 до отм. 13,200.

Закладные детали, как правило, изготавливались из стали b=2 мм, окрашивались эпоксидной эмалью и соединялись на сварке. Перед заливкой бетона закладные детали предъявлялись специалистам Запорожской АЭС для контроля соответствия их рабочей документации.

А вот закладные детали для присоединения воздуховодов устанавливались в стеновые ячейки металлические (СЯМ), затем СЯМ монтировались на место и их внутренний объем заливался бетоном.

Конструкторской документацией СЯМ была предусмотрена установка в качестве закладных деталей для вентиляции стальных бесшовных труб с приваркой их к пластинам сплошным швом. Для экономии металла на блоках № 1-3 в части СЯМ закладные детали для вентиляции были изготовлены из воздуховодов спирально-навивных толщиной (0,6-0,8) мм с приваркой к пластинам прерывистым швом.

При вводе в работу систем вентиляции ЗКД обнаружилась утечка (подсосы) воздуха по периметру пластин, пришлось ее устранять наклеиванием стеклоткани с эпоксидной эмалью.

На последующих блоках Запорожской АЭС применение воздуховодов спирально-навивных для изготовления СЯМ, предназначенных для ЗКД, было прекращено.

9.7 Временная вентиляция при выполнении СМР

При строительстве блоков Запорожской АЭС временной вентиляции фактически не существовало. Пока над головой у строителей и монтажников не были установлены армокаркасы, и не было забетонировано перекрытие, сварочные аэрозоли беспрепятственно удалялись в атмосферу естественным путем.

Но, как только перекрытие было забетонировано, удалять сварочные аэрозоли и другие вредные вещества из помещений, в которых продолжались монтажные работы, оказалось нечем и некуда. У монтажников не было в наличии ни временных систем вентиляции, ни гибких воздуховодов, ни временных проходок и проемов для сброса загрязненного воздуха в атмосферу.

Особенно остро эта проблема выявилась после установки купола гермооболочки. Системы ремонтно-аварийной вентиляции гермооболочки были рассчитаны на удаление воздуха из боксов ПГ, а также из БВ и БМП, т.е., с отм. 36,900 и ниже, но вентиляторы не были смонтированы и запитаны, хотя бы по временной схеме. Под куполом гермооболочки был смонтирован воздуховод диаметром 400 мм системы TL22, но вентиляторы данной системы также не были смонтированы и запитаны.

Мог бы обеспечить временную вентиляцию гермооболочки крышный вентилятор, установленный на куполе, но никто из монтажников так и не потребовал от проектной организации его установки.

9.8 Монтаж клапанов противопожарных и дымовых

9.8.1 Общие сведения о монтаже клапанов противопожарных и дымовых

Как правило, в инструкциях по монтажу и эксплуатации клапанов противопожарных и дымовых приведено недостаточно информации, как же правильно выполнить их монтаж. После выдачи замечаний представителям предприятия-изготовителя разработан комплект чертежей [217], который заслуживает приведения выдержек из него в настоящем пособии (см. приложение М).

Клапаны противопожарные PKTMD-120 нормально открытые и нормально закрытые (дымовые) (далее по тексту – клапаны) могут устанавливаться в любом пространственном положении:

- частично внутри строительных конструкций;
- снаружи строительных конструкций на монтажных рамах;
- снаружи строительных конструкций на закладных деталях;
- снаружи строительных конструкций на воздуховодах.

Клапаны следует монтировать в строительные конструкции из бетона или кирпича с минимальной толщиной 110 мм, в гипсокартонную стену с минимальной толщиной 125 мм.

Ревизионные лючки должны быть доступны для снятия. Расстояние между выступающими частями клапанов и строительными конструкциями (стенами, потолком) должно быть не менее 50 мм.

При установке двух или более клапанов в (на) одной противопожарной разделяющей конструкции, расстояние между двумя соседними клапанами должно быть не менее 100 мм.

Кожуха электроприводов (кроме задней части) должны иметь возможность снятия без нарушения целостности огнестойкого материала (огнезащиты). Корпуса клапанов не должны деформироваться при монтаже. После монтажа заслонки не должны задевать корпуса клапанов при открытии или закрытии.

При выполнении монтажных работ не допускается искажение геометрической формы фланцевых соединений клапанов.

9.8.2 Указания к монтажу клапанов частично внутри строительных конструкций

При возможности установки клапанов частично внутри строительных конструкций корпуса без электроприводов и термоэлектрических отключающих устройств (согласно приложению П к настоящему пособию обозначены, как «Корпус 2») до наклеек «Край замуровывания» должны быть закреплены внутри строительной конструкции и заделаны огнестойким материалом.

Огнезащиту на участки клапанов, находящиеся за пределами строительных конструкций, наносить не требуется.

Схемы установки клапанов частично внутри строительных конструкций приведены на рис. М.1, М.5.

9.8.3 Указания к монтажу клапанов снаружи строительных конструкций

9.8.3.1 Общая часть

Клапаны должны устанавливаться таким образом, чтобы «Корпуса 2» могли присоединяться к монтажным рамам (закладным деталям, воздуховодам) со стороны противопожарных преград.

Между фланцами клапанов ними и фланцами монтажных рам (закладных деталей, воздуховодов) должен прокладываться шнур базальтовый теплоизолирующий ШБТ-6 или его эквивалент. Расчетная длина шнура приведена в спецификациях к монтажным и установочным чертежам в зависимости от исполнения и типоразмера клапанов.

На клапанах рекомендуется устанавливать съемные патрубки для предотвращения вылета заслонок за границы корпусов. Съемные патрубки не требуется устанавливать со стороны клапанов, к которой не присоединяются воздуховоды.

Воздуховоды должен быть закреплены согласно рабочей документации таким образом, чтобы исключить перенос нагрузки от воздуховодов на корпуса клапанов.

Опоры воздуховодов рекомендуется устанавливать на расстоянии от фланцев клапанов не менее 50 мм и не более 150 мм.

9.8.3.2 Указания к монтажу клапанов на монтажной раме

Монтажные рамы должны закрепляться на строительных конструкциях дюбель-шпильками.

После монтажа клапанов на выступающие за границы строительных конструкций части монтажных рам и на «Корпуса 2» клапанов до наклеек «Край замуровывания» должна быть нанесена огнезащита в соответствии с требованиями рабочей документации и технологических регламентов на применение огнезащитных материалов.

Схемы установки клапанов на монтажной раме приведены на рис. М.2, М.6.

9.8.3.3 Указания к монтажу клапанов на закладных деталях

При наличии на строительных конструкциях закладных деталей клапаны могут устанавливаться на них.

После монтажа клапанов на выступающие за границы строительных конструкций части закладных деталей и на «Корпуса 2» клапанов до наклеек «Край замуровывания» должна быть нанесена огнезащита в соответствии с требованиями рабочей документации и технологических регламентов на применение огнезащитных материалов.

Схемы установки клапанов на закладных деталях приведены на рис. М.3, М.7.

9.8.3.4 Указания к монтажу клапанов на воздуховодах

При невозможности установки клапанов на монтажных рамах или закладных деталях клапаны могут монтироваться на воздуховодах.

После монтажа клапанов на воздуховоды от строительных конструкций до фланцев клапанов включительно и на «Корпуса 2» клапанов до наклеек «Край замуровывания» должна быть нанесена огнезащита в соответствии с требованиями рабочей документации и технологических регламентов на применение огнезащитных материалов.

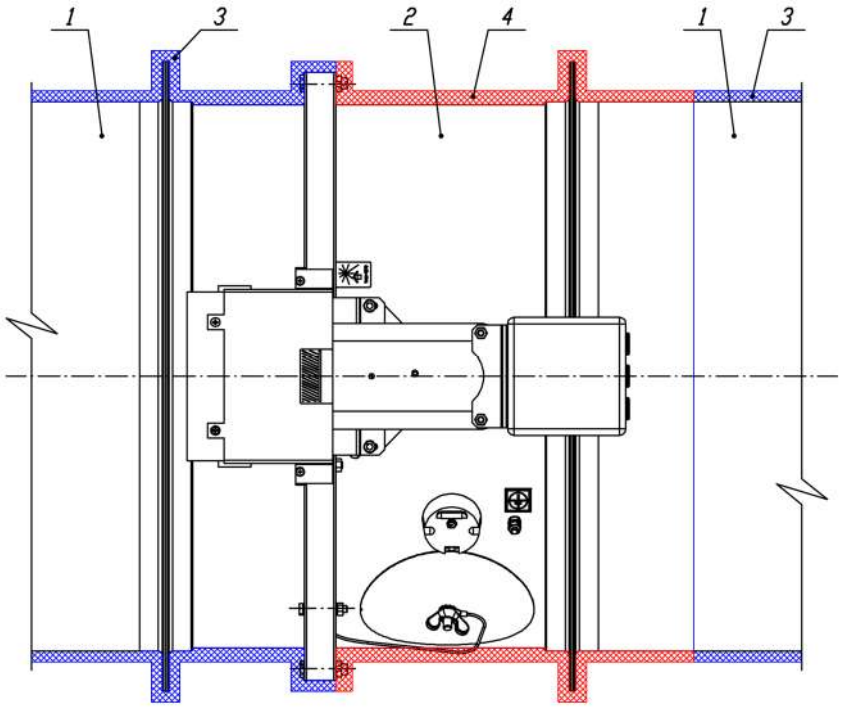
Схемы установки клапанов на воздуховодах приведены на рис. М.4, М.8.

9.8.4 Монтаж клапанов противопожарных на транзитных воздуховодах

При модернизации систем вентиляции и кондиционирования воздуха на действующих объектах Запорожской АЭС имели место случаи, когда противопожарные клапаны приходилось устанавливать на транзитном воздуховоде, другого места для них не было физически.

По требованиям 6.18, 6.19 [49], транзитные воздуховоды должны иметь нормируемый предел огнестойкости, т.е. на них и на противопожарные клапаны следует накладывать огнезащитное покрытие.

При этом для доступа к электроприводу, термоэлектрическому прерывателю и клеммной коробке при проведении технического обслуживания и ремонта противопожарных клапанов огнезащитное покрытие на указанные элементы должно быть выполнено съемным, как показано на рис. 9.2.



Условные обозначения: 1 – воздуховод; 2 – клапан противопожарный;
3 – огнезащита несъемная; 4 – огнезащита съемная.

Рисунок 9.2 – Установка клапана PKTMD-120 на транзитном воздуховоде

9.9 Монтаж импульсных трубопроводов от СИ для контроля давления воздуха на выходе вентилятора радиального

Рабочей документацией предусмотрена установка СИ для контроля статического давления воздуха в напорных воздуховодах систем вентиляции и охлаждения. Но конкретные точки воздуховодов, в которые следует врезать импульсные трубки от СИ, в функциональных схемах теплотехнического контроля не указаны.

На рис. 9.3 показана схема системы вентиляции, в которой на нагнетательном патрубке вентилятора радиального установлен диффузор.

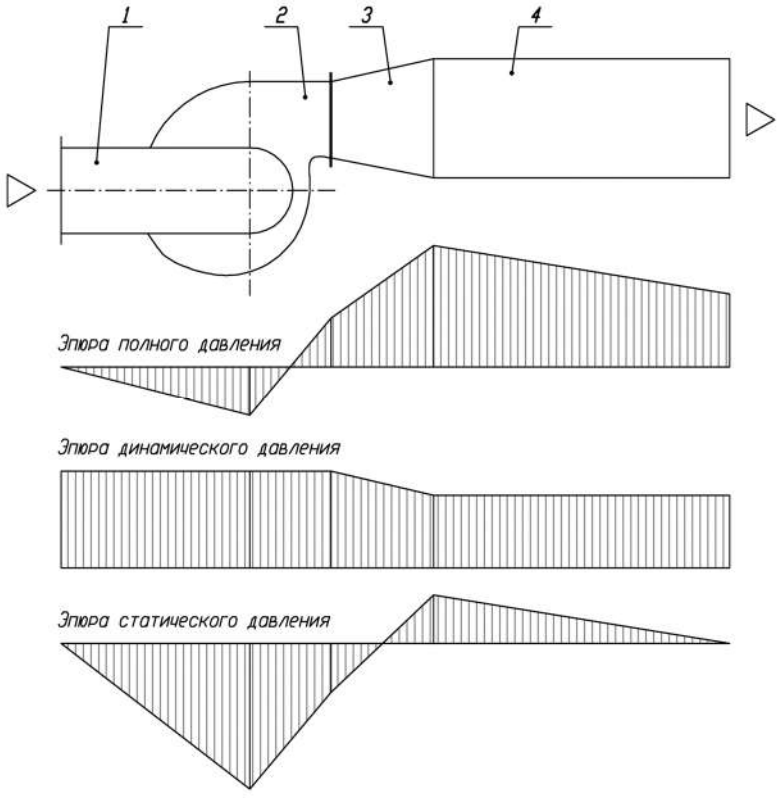


Рисунок 9.3 – Схема системы вентиляции и эпюры давления

Из построенных согласно §39 [218] эпюр полного, динамического и статического давления воздуха в характерных точках системы, видно, что в диффузоре может отказаться отрицательное, нулевое или положительное давление воздуха, т.е. СИ могут выдать недостоверные результаты.

Таким образом, не рекомендуется выполнять врезку импульсных трубок от СИ в диффузоры, установленные на нагнетательных патрубках вентиляторов радиальных.

9.10 Установка клапанов обратных на выходе из вентилятора радиального

На системах вентиляции в рабочей документации предусмотрена установка заслонок воздушных с электроприводом или клапанов обратных для отключения по воздуху резервных вентиляторов.

Обратный клапан на выходе из радиального вентилятора может быть установлен неправильно (рис. 9.4) или правильно (рис. 9.5).

Обратите внимание на то, что:

– в выходном патрубке радиального вентилятора, независимо от того, загнуты лопатки рабочего колеса вперед или назад, поле скоростей деформировано, т.к. воздух отбрасывается к периферии;

– ось заслонки обратных клапанов смещена от оси корпуса.

Если обратный клапан на выходе из радиального вентилятора установлен, как показано на рис. 9.4, в корпусе обратного клапана возникают завихрения, часть потока воздуха давит на меньшую сторону заслонки, мешая ее открытию.

В итоге заслонка обратного клапана открывается, но значение КМС диффузора и обратного клапана получается намного больше, чем приведено в справочнике [219].

Если же обратный клапан на выходе из радиального вентилятора установлен, как показано на рис. 9.5, поток воздуха давит на большую сторону заслонки, обеспечивая ее открытие. КМС диффузора и обратного клапана соответствует справочным данным.

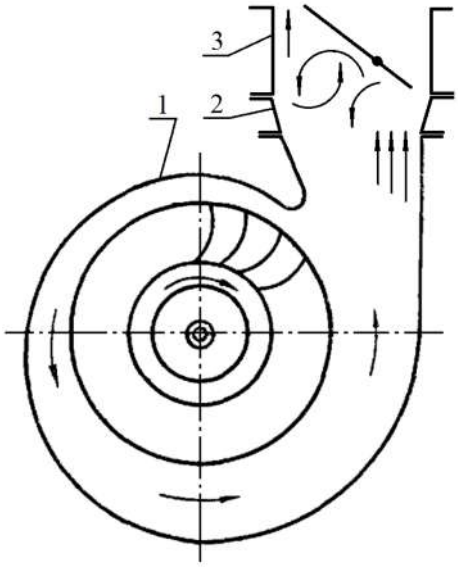


Рисунок 9.4 – Неправильная установка клапана обратного

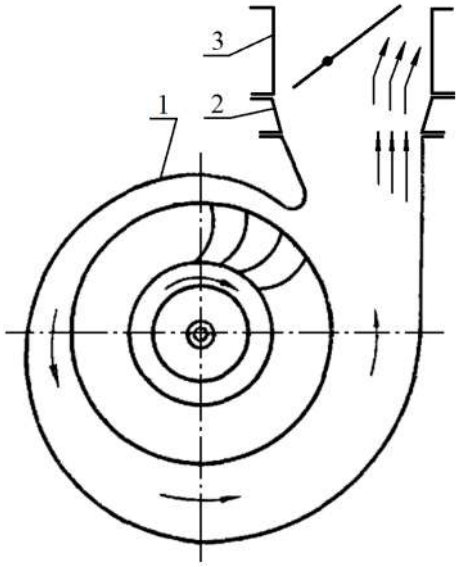


Рисунок 9.5 – Правильная установка клапана обратного

Условные обозначения: 1 – вентилятор радиальный; 2 – диффузор; 3 – клапан обратный.

10 Инженерное обеспечение эксплуатации систем вентиляции и кондиционирования воздуха АС

10.1 Ведение паспортов систем вентиляции и кондиционирования воздуха

В 2003 году в Украине были введены в действие правила [165], в которых имелся пункт 5.16.1.6:

«На каждую вентсистему должен быть заведен паспорт установленного НД образца. В паспорт необходимо заносить данные аэродинамических и теплотехнических испытаний, выполняемых в процессе наладки вентсистем после монтажа, ремонта или модернизации, и периодических – один раз в год, а также сведения о выполненных ремонтах и модернизации».

В то время форма паспорта систем вентиляции была установлена [215]. При выполнении ПНР они заполнялись наладчиками монтажной организации, после чего хранились в лаборатории наладки Запорожской АЭС.

Заводить новые паспорта систем вентиляции не потребовалось, было принято решение дополнять существующие паспорта вкладышами, форма которых была введена указанием за подписью главного инженера Запорожской АЭС.

Образец заполнения вкладыша в паспорт вентиляционной системы TL28 блока № 5 приведен в приложении Р настоящего пособия.

Таким образом, в паспорте каждой системы вентиляции хранится информация о проведенных работах по ремонту, модернизации и проверках данной системы и входящего в ее состав оборудования.

10.2 Разработка эксплуатационной документации

10.2.1 Исходные данные для разработки эксплуатационной документации

Исходными данными для разработки эксплуатационной документации являются:

- проект;
- рабочая документация;
- заводская документация (паспорта или формуляры оборудования);
- классификатор систем, важных для безопасности (в составе ТОБ или ДМАБ);
- ТРБЭ;
- регламент проверок и испытаний;
- планы по отметкам объектов и экспликация помещений.

Из проекта можно взять описание работы систем вентиляции и кондиционирования воздуха, а также таблицу воздухообмена, ее фрагмент в качестве примера приведен в таблице 10.12 настоящего пособия.

Проект I очереди Запорожской АЭС для разработки эксплуатационной документации непригоден, т.к. в рабочую документацию пришлось включать системы кондиционирования воздуха, не описанные в проекте (см. 4.7.1 настоящего пособия). А вот проект II очереди вполне пригоден для разработки эксплуатационной документации.

Между таблицами воздухообмена в проекте и альбомах схем имеются различия, приведенные в таблице 10.9 настоящего пособия.

Кроме этого, в таблице воздухообмена проекта II очереди неправильно указаны значения температуры воздуха на входе и выходе систем кондиционирования воздуха с автономными кондиционерами:

- на выходе систем кондиционирования воздуха – 10 °С;
- на входе систем кондиционирования воздуха – 25 °С.

Как показано в таблице 13.16 настоящего пособия, даже при номинальной холодопроизводительности и номинальном расходе воздуха автономных кондиционеров разность температур на входе и выходе указанных систем кондиционирования воздуха не может быть более 11 °С при температуре охлаждающей воды 24 °С.

Так что в таблицах воздухообмена, разработанных для включения в альбомы схем, приведены расчетные параметры систем кондиционирования воздуха.

10.2.2 Общие требования к эксплуатационной документации

Разработка эксплуатационной документации является обязанностью подразделения, за которым закреплены соответствующие системы, поэтому еще на стадии СМР и ПНР инженеры, только принятые на работу, начинали ее разрабатывать. Независимо от должности и стажа работы на АС инженеры должны уметь разрабатывать указанную документацию.

В минимальный набор эксплуатационной документации входят:

- инструкции по эксплуатации;
- эксплуатационные схемы;
- программы выполнения работ.

10.2.3 О перечне помещений и планах по отметкам объектов АС

В инструкциях по эксплуатации и эксплуатационных схемах (альбомах схем) должны быть указаны номера помещений, которые обслуживаются системами вентиляции и кондиционирования воздуха, и в которых установлено оборудование.

Для исключения ошибочных действий оперативного персонала, само собой разумеется, что на АС должны быть введены в действие утвержденные главным инженером перечни помещений и планы по отметкам объектов, в них своевременно должны вноситься изменения.

А вот с этим на Запорожской АЭС всегда были проблемы.

Несколько лет подразделения АС пользовались чертежами комплекта АР, пока по производственной необходимости и техническим решениям не началось изменение обозначений и назначения помещений. И возникла необходимость разработки перечня помещений и альбомов планов по отметкам объектов АС.

Различными подразделениями было разработано несколько планов по отметкам реакторного отделения, они использовались для создания планов эвакуации, разделения на пожарные зоны и т.д. Окончательный вид планы по отметкам реакторного отделения и экспликации помещений приобрели в паспортах главных корпусов, разработанных ПГАСиА в 2004 году.

Перечень помещений реакторного отделения и закрепление их за подразделениями приведены в модуле «Здания и сооружения» Украинской базы данных надежности оборудования АЭС версии 2.28.0.

Указанные документы сопровождают разные подразделения, между ними имеются существенные различия. Конечно, обозначения и назначение помещений с технологическим оборудованием неприкосновенны, а вот в части мастерских, лабораторий, кладовых и других вспомогательных помещений различия можно найти без труда.

Перечень помещений Запорожской АЭС (предшествующего модулю «Здания и сооружения») разрабатывался следующим образом:

- подразделения направляли в ПТС перечень закрепленных за ними помещений с указанием назначения, площади и категории пожарной опасности;
- ПТС был сформирован сводный перечень помещений объектов, сортировка проводилась по алфавиту.

В результате на отдельных объектах суммарная площадь помещений согласно перечню на 30% превышала проектную площадь тех же помещений, в нарушение статьи 27 [123] категория пожарной опасности присваивалась коридорам, холлам, лестничным клеткам, санузлам и т.д.

Большая часть ошибок в перечне помещений была исправлена.

Для примера на рис. 10.1, 10.2 показаны фрагменты помещений ЗСД РО на отм. 41,400. В таблице 10.1 приведены сведения о помещении А1038 на блоках № 1-6 согласно модулю «Здания и сооружения» (закрепление за подразделениями интереса не представляет). По комплекту чертежей АР указанное помещение является резервным, площадь 41 м^2.

Сравнение рис. 10.1, 10.2 и таблицы 10.1 комментировать не требуется.

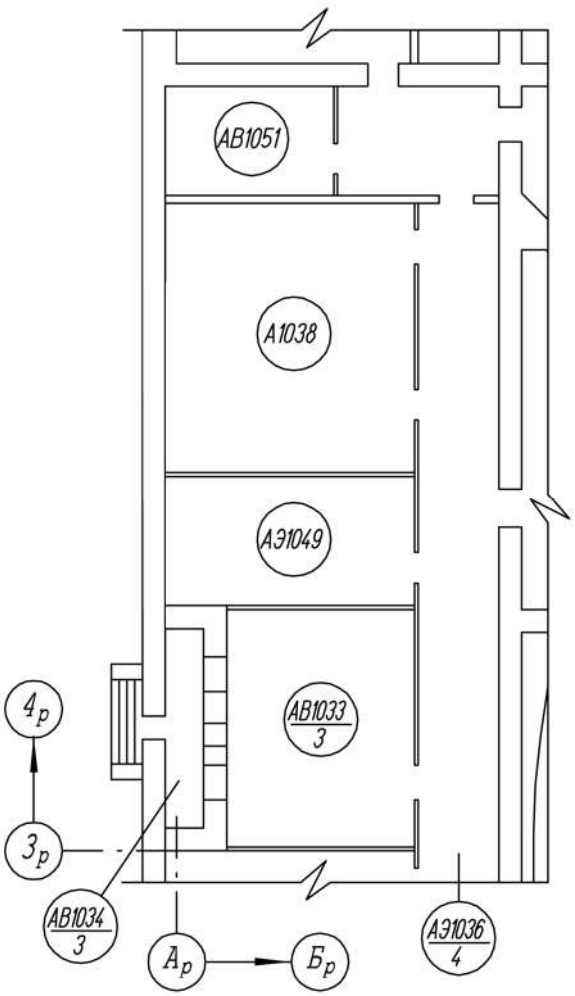


Рисунок 10.1 – Фрагмент плана
на отм. 41,400 блоков № 1, 3-6

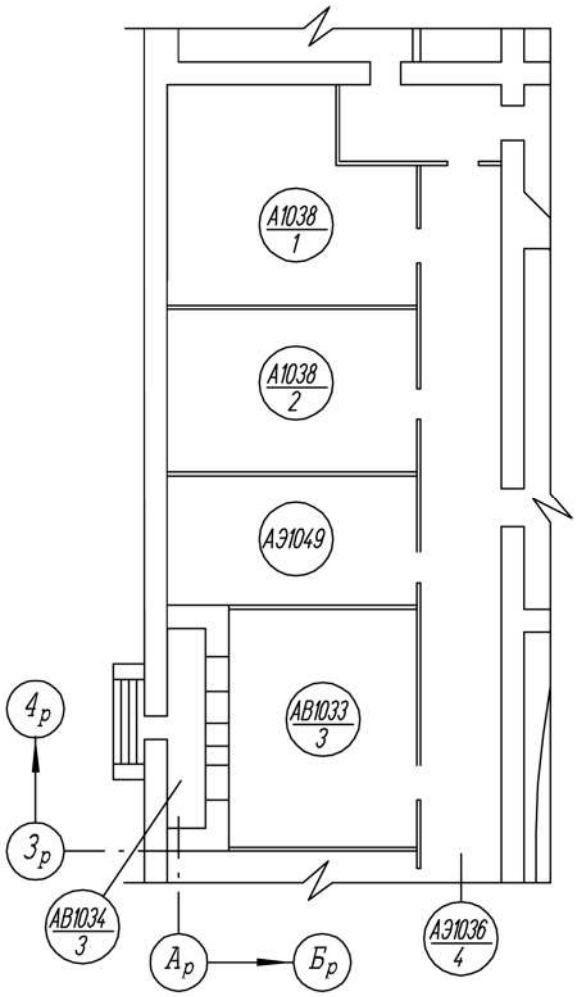


Рисунок 10.2 – Фрагмент плана
на отм. 41,400 блока № 2

Таблица 10.1

Номер помещения	Назначение помещения	Категория пожарной опасности	Площадь, $м^2$
Блок № 1			
АЭ1038	Мастерская	Д	41,2
АЭ1038/2	Помещение регламентных работ	Д	16,0
Блок № 2			
АЭ1038/1	Помещение оперативно-ремонтного персонала	Д	36,0
АЭ1038/2	Лаборатория	Д	23,0
Блоки № 3, 4			
А1038/1	Мастерская	Д	41,0
Блок № 5			
А1038/2	Мастерская	Д	80,0
АЭ1038	Мастерская	Д	41,0
Блок № 6			
АЭ1038	Мастерская	Д	41,0
АЭ1038/3	Помещение ЗИП	Д	28,0

На приведенном выше примере показана важность наличия на АС действующих производственных документов: перечня помещений и планов по отметкам объектов АС.

10.2.4 Требования к инструкциям по эксплуатации

В [220] указано, что в инструкциях по эксплуатации должны быть указаны:

– перечень защит, блокировок, сигнализации;

– назначение системы;

– состав системы и перечень входящего в нее оборудования;

– расположение оборудования системы (здание, номер помещения), граничные элементы со смежными системами;

– технические характеристики оборудования, входящего в систему и системы в целом;

– классификация оборудования в соответствии с НП-001, НП-089 и (или) другими федеральными нормами и правилами (при наличии);

– объем теплотехнического контроля (при необходимости);

– объем автоматизации системы, оборудования (при необходимости);

– объем видеоконтроля (при необходимости);

– краткое описание конструкции системы и оборудования.

Вся приведенная выше информация для оперативного персонала необходима, но, если некритично придерживаться этих требований, инструкции по эксплуатации будут на 90% состоять из сведений справочного характера, не нужных для оперативного управления.

Следует также учитывать, что инструкции по эксплуатации каждой системы вентиляции или кондиционирования воздуха разрабатывать нет смысла из-за многократного дублирования, например, раздела «Возможные нарушения и отказы при эксплуатации системы, оборудования, действия персонала по их устранению», ссылок на инструкции по эксплуатации других систем.

На Запорожской АЭС комплект эксплуатационной документации для систем вентиляции и кондиционирования воздуха каждого блока состоит из:

– инструкции по эксплуатации систем вентиляции герметичной зоны, охлаждения проходок, рециркуляционных систем охлаждения фундаментной части;

– инструкции по эксплуатации ремонтно-аварийных систем вентиляции герметичной зоны и обстройки;

– систем вентиляции, централизованного кондиционирования воздуха БПУ, РПУ и УВС; аварийной приточной системы БПУ (БПУ и РПУ);

– инструкции по эксплуатации систем кондиционирования воздуха;

– альбома эксплуатационных схем и приложений к инструкциям по эксплуатации систем вентиляции и кондиционирования воздуха;

– перечня оборудования систем вентиляции;

– перечня оборудования систем кондиционирования воздуха;

– перечня СИ;

– перечня ТЗБиС;

– программ проверок и испытаний.

Часть документов разработана для нескольких блоков.

10.2.5 Требования к эксплуатационным схемам

В [220] приведены требования к разработке эксплуатационных схем, часть из них недостаточна, а часть избыточна.

Записано, что условные обозначения оборудования систем вентиляции и кондиционирования воздуха следует применять по стандартам ЕСКД, но не все условные обозначения оборудования, необходимые для разработки схем, указаны в ЕСКД и [221.

Недостаточно требование о том, что группы элементов, расположенные в одном помещении (здании, корпусе и т.п.) или образующие функциональные группы (узлы), рекомендуется выделять на схеме в виде фигуры из контурных штрих-пунктирных линий.

Но нет требования об указании внутри этой фигуры номера помещения (координат антресоли, эстакады или кровли), чтобы можно было, не теряя времени, найти оборудование или арматуру.

Эксплуатационными схемами, на которых показано оборудование и арматура, но не указаны места их установки, достаточно сложно пользоваться, для примера сравним фрагменты эксплуатационных схем:

– системы VF20 блока № 3 (рис. 10.3, на нем указаны номера помещений, в которых находится оборудование и арматура);

– системы VF20 блока № 4 (рис. 10.4, на нем не указаны номера помещений, в которых находится оборудование и арматура).

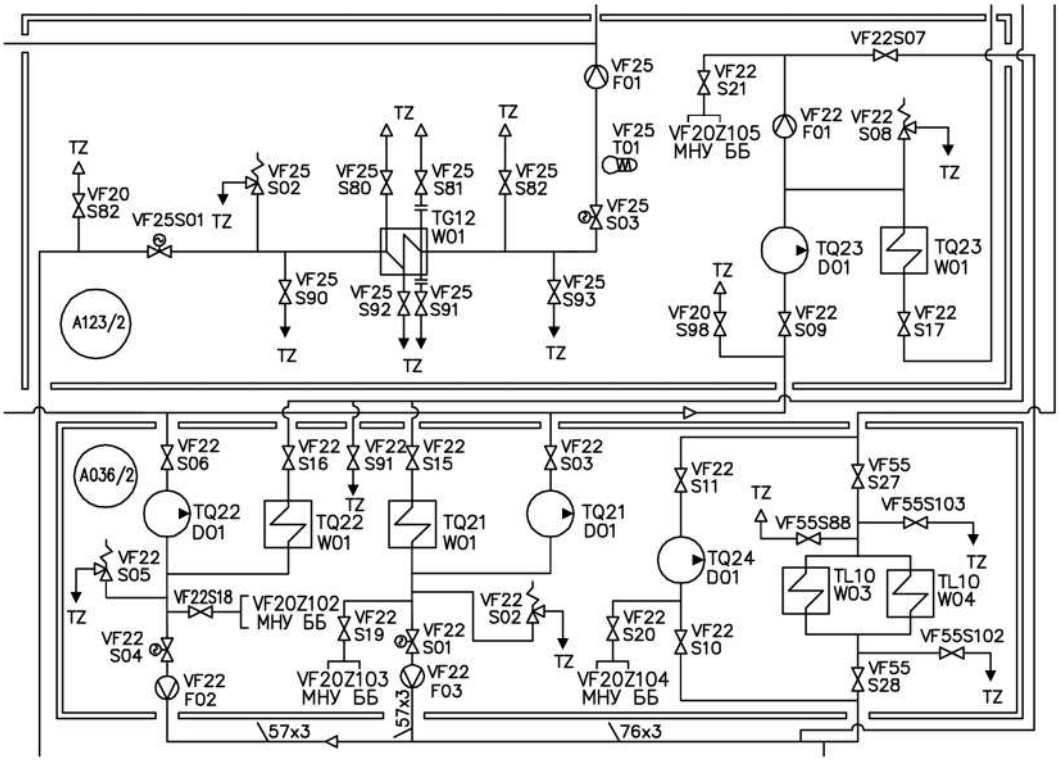


Рисунок 10.3 – Фрагмент эксплуатационной схемы системы VF20 блока № 3

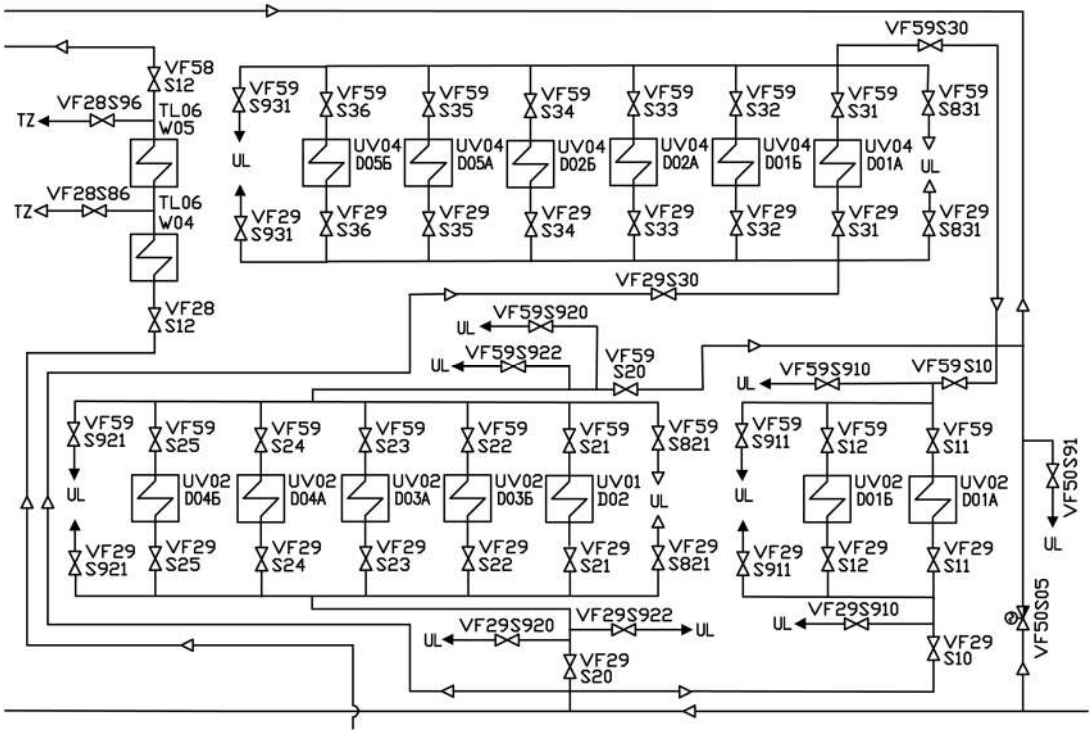


Рисунок 10.4 – Фрагмент эксплуатационной схемы системы VF20 блока № 4

Часть требований в [220] к эксплуатационным схемам, примеры эксплуатационных схем, выполненных по установившимся на Запорожской АЭС требованиям и согласно [220] приведены в приложении Н настоящего пособия.

10.2.6 Требования к альбомам схем

В [220] приведены требования к оформлению альбома схем.

На Запорожской АЭС в альбомы эксплуатационных схем и приложений к инструкциям по эксплуатации систем вентиляции и кондиционирования воздуха включены разделы:

- перечень условных обозначений элементов схем;
- описание систем вентиляции и кондиционирования воздуха;
- описание основных режимов работы систем вентиляции и кондиционирования воздуха;
- режимные карты систем вентиляции и кондиционирования воздуха;
- технологические связи систем вентиляции и кондиционирования воздуха;
- технические характеристики систем вентиляции и кондиционирования воздуха, смежных систем;
- таблицы воздухообмена помещений реакторного отделения;
- эксплуатационные схемы систем вентиляции и кондиционирования воздуха;
- эксплуатационные схемы системы теплоснабжения воздухонагревателей приточных систем вентиляции (остальные схемы смежных системы разрабатывались другими подразделениями, на них даны ссылки в схемах систем вентиляции и кондиционирования воздуха);
- планы-схемы размещения оборудования систем вентиляции и кондиционирования воздуха.

В разделе «Технологические связи систем вентиляции и кондиционирования воздуха» приведены:

- перечень смежных систем, мест расположения, шкафов и панелей управления, электроприводной арматуры систем вентиляции и кондиционирования воздуха;
- перечень противовзрывных устройств, установленных на системах вентиляции;
- перечень изолирующих устройств систем вентиляции;
- управление и контроль изолирующих устройств систем вентиляции;
- перечень фрагментов РМО, на которые выводятся параметры систем вентиляции;
- перечень параметров, выводимых на несколько фрагментов РМО;
- перечень и характеристики проходок, охлаждаемых системами вентиляции;
- расход воздуха, выбрасываемого системами вентиляции в венттрубы № 1, 2;
- расход воздуха, выбрасываемого системами вентиляции выше кровли РО;
- перечень и настройка КИД;
- расчетные расходы сетевой и технической воды;
- перечень и характеристики противопожарных и дымовых клапанов;
- положение арматуры на системе теплохолодоснабжения воздухонагревателей.

Как видно из приведенных перечней, в альбомах собрана информация справочного характера, которая необходима оперативному персоналу периодически.

Рассмотрим таблицу технических характеристик систем вентиляции и кондиционирования воздуха.

Ее форма взята из рабочей документации, фрагмент из альбома блока № 4 приведен в таблице 10.10.

Между таблицами технических характеристик в рабочей документации и альбомах схем имеются различия, приведенные в таблице 10.2.

Таблица 10.2

Параметр	В рабочей документации	В альбомах схем
Расход воздуха системы:		
− рециркуляционных систем охлаждения	Согласно проекту	
− систем вентиляции и кондиционирования воздуха	Согласно проекту	Сумма расходов воздуха по обслуживаемым помещениям (проходкам)
Количество работающих вентиляторов (кондиционеров)	Согласно проекту	Согласно проекту (рабочей документации на модернизацию)
Расход воздуха вентилятора (кондиционера)	Согласно проекту	Частное от деления расхода воздуха системы на количество работающих вентиляторов (кондиционеров)
Полное давление вентилятора (кондиционера)	Согласно проекту	Согласно проекту (рабочей документации на модернизацию)
Марки оборудования	Согласно рабочей документации	Согласно проекту (рабочей документации на модернизацию)
Количество оборудования	Согласно рабочей документации	Согласно проекту (рабочей документации на модернизацию)
Температура приточного воздуха	По расчету, пример приведен на рис. 10.3	
Теплопроизводительность воздухонагревателей	По расчету, пример приведен на рис. 10.3	
Температура охлажденного воздуха от рециркуляционных систем	По расчету, пример приведен на рис. 10.7	
Холодопроизводительность воздухоохладителей	По расчету, пример приведен на рис. 10.7	
Перепад давления воздуха на фильтрах	По данным предприятий-изготовителей	По формуле (10.1)

Для определения расчетных значений температуры воздуха на выходе приточных систем вентиляции и теплопроизводительности воздухонагревателей разработана рабочая книга Microsoft Excel, в которую включены технические характеристики воздухонагревателей КВС, КВБ, КсК3, КсК4 и расчетные формулы для определения их параметров.

В формулы для расчета коэффициентов теплопередачи воздухонагревателей введен коэффициент 0,85, учитывающий загрязнение их поверхности, предусмотрена возможность регулирования расхода сетевой воды в диапазоне от 30% до 200% проектного значения.

Одновременно рассчитываются параметры всех 28 марок воздухонагревателей, на главную страницу выводятся только параметры выбранной марки воздухонагревателей.

Исходные данные для расчета:

- объемный расход воздуха;
- температура наружного воздуха;
- проектная конечная температура воздуха;
- марка воздухонагревателей;
- количество воздухонагревателей по фронту;
- количество воздухонагревателей по высоте;
- количество рядов воздухонагревателей;
- проектная температура сетевой воды на входе и выходе воздухонагревателей.

По формулам рассчитываются:

– плотность воздуха на выходе из воздухонагревателей;
– массовый расход воздуха;
– проектная тепловая нагрузка на воздухонагреватели;
– проектный расход сетевой воды.

После чего нажатием кнопки «Считать» запускается макрос и методом подбора определяются расчетные параметры воздухонагревателей.

При отклонении расчетной температуры воздуха от проектной вручную изменяется расчетный расход сетевой воды и запускается макрос.

Фрагмент главной страницы рабочей книги приведен в таблице 10.3.

Желтой заливкой отмечены исходные данные для расчета воздухонагревателей, зеленой заливкой – расчетные параметры воздухонагревателей.

Таблица 10.3 – Фрагмент рабочей книги для расчета параметров воздухонагревателей

Параметр и единица измерения	Значение
Объемный расход воздуха, м^3/ч	41 700
Температура наружного воздуха, °С	-22
Проектная конечная температура воздуха, °С	18
Марка воздухонагревателей	КВБ-11п
Количество воздухонагревателей по фронту	1
Количество воздухонагревателей по высоте	2
Количество рядов воздухонагревателей	1
Количество параллельно подключенных воздухонагревателей в ряду	1
Проектная температура сетевой воды на входе воздухонагревателей, °С	130
Проектная температура сетевой воды на выходе воздухонагревателей, °С	70
Плотность воздуха на выходе из воздухонагревателей, кг/м^3	1,21
Массовый расход воздуха, кг/час	50 558
Проектная тепловая нагрузка на воздухонагреватели, Вт	569 086
Проектный расход сетевой воды, м^3/ч	11,03
Регулирование расхода сетевой воды	Считать
Расчетный расход сетевой воды, м^3/ч	9,16
Расчетная температура воздуха на выходе, °С	18,0
Расчетная температура воды на выходе, °С	76,9
Расчетная тепловая нагрузка на воздухонагреватели, Вт	565 113
Расчетный перепад давления воздуха на воздухонагревателях, Па	70

Фрагмент листа рабочей книги с подбором параметров воздухонагревателей приведен в таблице 10.4.

Показаны параметры четырех марок воздухонагревателей, параметры выбранных на главной странице воздухонагревателей выделены зеленой заливкой.

Таблица 10.4 – Фрагмент рабочей книги для подбора параметров воздухонагревателей в холодный период года

Марка воздухонагревателя	КВС-11п	КВБ-11п	КВС-12п	КВБ-12п
Количество воздухонагревателей по фронту	2	2	2	2
Количество потоков сетевой воды	1	1	1	1
Расчетный расход сетевой воды, м^3/ч	9,16	9,16	9,16	9,16

Марка воздухонагревателя	КВС-11п	КВБ-11п	КВС-12п	КВБ-12п
Объемный расход воздуха, $м^3/ч$	41 700	41 700	41 700	41 700
Температура воздуха на входе воздухонагревателей, °С	-22	-22	-22	-22
Расчетная температура воздуха на выходе из воздухонагревателей, °С	**13,39**	**18,04**	**18,86**	**24,16**
Подбираемая температура воздуха после воздухонагревателей, °С	**13,39**	**18,04**	**18,86**	**24,16**
Площадь поверхности оребрения, $м^2$	72,00	95,63	108,00	143,50
Площадь живого сечения воздухонагревателя по воздуху, $м^2$	0,8665	0,8665	1,2985	1,2985
Площадь живого сечения воздухонагревателя по воде, $м^2$	0,0020	0,0031	0,0035	0,0046
Коэффициент в формуле расчета коэффициента теплопередачи	17,73	16,80	17,73	16,80
Показатели степени в формуле расчета коэффициента теплопередачи	0,32	0,32	0,32	0,32
	0,132	0,13	0,132	0,13
Скорость движения воздуха в живом сечении, м/с	6,68	6,68	4,46	4,46
Скорость движения сетевой воды, м/с	1,25	0,82	0,73	0,55
Коэффициент теплопередачи воздухонагревателей, $Вт/(м^2хК)$	33,54	30,09	27,46	25,08
Температура сетевой воды на выходе воздухонагревателей, °С	82,34	76,93	75,99	70,08
Большая разность температур воздуха и воды, °С	152,00	152,00	152,00	152,00
Меньшая разность температур воздуха и воды, °С	68,95	58,88	57,13	45,92
Логарифмическая разность температур воздуха и воды, °С	105,06	98,19	96,95	88,62
Расчетная тепловая нагрузка на воздухонагреватели, Вт	507 483	565 113	575 059	638 012
Перепад давления воздуха на воздухонагревателях, Па	50	70	30	40
Контрольная разность расчетной и подбираемой температуры воздуха после воздухонагревателей, °С	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*

Для определения расчетных значений температуры воздуха на выходе приточных систем вентиляции и теплопроизводительности воздухонагревателей в теплый период года при подаче на них рабочей воды от ПЭМ разработана рабочая книга Microsoft Excel.

В формулы для расчета коэффициентов теплопередачи воздухонагревателей введен коэффициент 0,85, учитывающий загрязнение их поверхности.

На главную страницу выводятся параметры выбранной марки воздухонагревателей.

Исходные данные для расчета:

- объемный расход воздуха;
- температура наружного воздуха;
- марка воздухонагревателей;
- количество воздухонагревателей по фронту;
- количество воздухонагревателей по высоте;
- количество рядов воздухонагревателей;
- проектный расход рабочей воды;
- проектная температура рабочей воды на входе воздухонагревателей.

По формулам рассчитываются:

- температура воздуха на выходе из воздухонагревателей;
- температура рабочей воды на выходе из воздухонагревателей;
- проектная тепловая нагрузка на воздухонагреватели.

После чего нажатием кнопки «Считать» запускается макрос и методом подбора определяются расчетные параметры воздухонагревателей.

Фрагмент главной страницы рабочей книги приведен в таблице 10.5.

Желтой заливкой отмечены исходные данные для расчета воздухонагревателей, зеленой заливкой – расчетные параметры воздухонагревателей.

Таблица 10.5 – Фрагмент рабочей книги для расчета параметров воздухонагревателей

Параметр и единица измерения	Значение
Объемный расход воздуха, м^3/ч	41 700
Температура воздуха перед воздухонагревателями, °С	27,1
Марка воздухонагревателей	КВБ-11п
Количество воздухонагревателей по фронту	1
Количество воздухонагревателей по высоте	2
Количество рядов воздухонагревателей по рабочей воде	1
Количество параллельно подключенных воздухонагревателей в ряду по рабочей воде	1
Проектная температура рабочей воды, °С	15
Проектный расход рабочей воды, м^3/ч	18,8
	Считать
Расчетная температура воздуха на выходе, °С	23,2
Расчетная тепловая нагрузка на воздухонагреватели, Вт	53 914
Расчетный перепад давления воздуха на воздухонагревателях, Па	70

Фрагмент рабочей книги с расчетом параметров воздухонагревателей приведен в таблице 10.6.

Таблица 10.6 – Фрагмент рабочей книги для расчета параметров воздухонагревателей

Марка воздухонагревателя	КВБ-11п
Количество воздухонагревателей по фронту	2
Количество потоков рабочей воды	1
Расчетный расход рабочей воды, м^3/ч	18,8
Проектная тепловая нагрузка на воздухонагреватели, Вт	53 914
Объемный расход воздуха, м^3/ч	41 700
Температура воздуха на входе воздухонагревателей, °С	27,10
Расчетная температура воздуха на выходе из воздухонагревателей, °С	**23,21**
Подбираемая температура воздуха после воздухонагревателей, °С	**23,21**
Площадь поверхности оребрения, м^2	95,63
Площадь живого сечения воздухонагревателя по воздуху, м^2	0,8665
Площадь живого сечения воздухонагревателя по воде, м^2	0,0031
Коэффициент в формуле расчета коэффициента теплопередачи	16,80
Показатели степени в формуле расчета коэффициента теплопередачи	0,32
	0,13
Скорость движения воздуха в живом сечении, м/с	6,68
Скорость движения рабочей воды, м/с	1,69
Коэффициент теплопередачи воздухонагревателей, Вт/(м^{2}хК)	33,04
Температура рабочей воды на выходе воздухонагревателей, °С	17,47

Марка воздухонагревателя	КВБ-11п
Большая разность температур воздуха и воды, °С	12,10
Меньшая разность температур воздуха и воды, °С	5,75
Логарифмическая разность температур воздуха и воды, °С	8,53
Расчетная тепловая нагрузка на воздухонагреватели, Вт	53 920
Перепад давления воздуха на воздухонагревателях, Па	70
Контрольная разность расчетной и подбираемой температуры воздуха после воздухонагревателей, °С	*0,00*

Для определения расчетных значений температуры воздуха на выходе рециркуляционных систем охлаждения и холодопроизводительности воздухоохладителей разработана рабочая книга Microsoft Excel.

В формулы для расчета коэффициентов теплопередачи воздухонагревателей введен коэффициент 0,85, учитывающий загрязнение их поверхности.

Исходные данные для расчета:

– объемный расход воздуха;
– температура воздуха на входе в воздухоохладители;
– марка воздухоохладителей;
– количество воздухоохладителей по фронту;
– количество воздухоохладителей по высоте;
– количество рядов воздухоохладителей отдельно по технической воде и рабочей воде от ПЭМ;
– проектная температура технической воды на входе воздухоохладителей;
– проектная температура рабочей воды от ПЭМ на входе воздухоохладителей;
– расход технической воды, равный 70% от проектного значения;
– расход рабочей воды от ПЭМ, равный 70% от проектного значения.

По формулам рассчитываются:

– температура воздуха на выходе из каждого ряда воздухоохладителей;
– температура воды на выходе из каждого ряда воздухоохладителей;
– проектная тепловая нагрузка на каждый ряд воздухоохладителей;
– суммарная тепловая нагрузка на воздухоохладители.

После чего нажатием кнопки «Считать» запускается макрос и методом подбора определяются расчетные параметры воздухоохладителей.

Проверочный расчет воздухоохладителей выполнен на примере системы охлаждения TL08, на каждой нитке которой установлено по пять воздухоохладителей, из которых:

– подключено к системе технического водоснабжения группы «А» – 3;
– подключено к системе холодоснабжения от ПЭМ – 2.

Воздухоохладители по технической и рабочей воде соединены последовательно.

Исходные данные для расчета воздухоохладителей и его результаты приведены в таблице 10.7.

Желтой заливкой отмечены исходные данные для расчета воздухоохладителей, зеленой заливкой – расчетные параметры воздухоохладителей.

Таблица 10.7 – Фрагмент рабочей книги для расчета параметров воздухоохладителей

Параметр и единица измерения	Значение
Объемный расход воздуха, $м^3/ч$	9300
Температура воздуха перед воздухоохладителями, °С	35
Марка воздухоохладителей	КВБ-10п

Параметр и единица измерения	Значение
Количество воздухоохладителей по фронту	1
Количество воздухоохладителей по высоте	1
Количество рядов воздухоохладителей по технической воде	3
Количество параллельно подключенных воздухоохладителей в ряду по технической воде	1
Количество рядов воздухоохладителей по рабочей воде	2
Количество параллельно подключенных воздухоохладителей в ряду по рабочей воде	1
Проектная температура технической воды, °С	33
Проектная температура рабочей воды, °С	15
Проектный расход технической воды, м^3/ч	4,9
Проектный расход рабочей воды, м^3/ч	4,9
	Считать
Расчетная температура воздуха на выходе, °С	25,7
Расчетная тепловая нагрузка на воздухоохладители, Вт	28 271
Расчетный перепад давления воздуха на воздухоохладителях, Па	500

Фрагмент листа рабочей книги с подбором параметров воздухоохладителей приведен в таблице 10.8.

Параметры воздухоохладителей, подключенных к системе технического водоснабжения группы «А», выделены зеленой заливкой, подключенных к системе холодоснабжения от ПЭМ – голубой заливкой.

Таблица 10.8 – Фрагмент рабочей книги для расчета параметров воздухоохладителей

Марка воздухоохладителя	КВБ-10п	КВБ-10п	КВБ-10п	КВБ-10п	КВБ-10п
Ряд	1	2	3	4	5
Количество воздухоохладителей по фронту	1	1	1	1	1
Количество потоков воды	1	1	1	1	1
Расчетный расход воды, м^3/ч	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9
Проектная тепловая нагрузка на воздухоохладители, Вт	1 674	959	549	15 914	9 176
Объемный расход воздуха, м^3/ч	9 300	9 300	9 300	9 300	9 300
Температура воздуха на входе воздухоохладителей, °С	35,00	34,44	34,12	33,93	28,69
Расчетная температура воздуха на выходе из воздухоохладителей, °С	**34,44**	**34,12**	**33,93**	**28,69**	**25,70**
Подбираемая температура воздуха после воздухоохладителей, °С	**34,44**	**34,12**	**33,93**	**28,69**	**25,70**
Площадь поверхности оребрения, м^2	33,34	33,34	33,34	33,34	33,34
Площадь живого сечения воздухоохладителя по воздуху, м^2	0,3033	0,3033	0,3033	0,3033	0,3033
Площадь живого сечения воздухоохладителя по воде, м^2	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015	0,0015
Коэффициент в формуле расчета коэффициента теплопередачи	16,80	16,80	16,80	16,80	16,80

Марка воздухоохладителя	КВБ-10п	КВБ-10п	КВБ-10п	КВБ-10п	КВБ-10п
Показатели степени в формуле расчета коэффициента теплопередачи	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Скорость движения воздуха в живом сечении, м/с	8,52	8,52	8,52	8,52	8,52
Скорость движения рабочей воды, м/с	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
Коэффициент теплопередачи воздухоохладителей, Вт/(м^{2}хК)	32,81	32,81	32,81	32,81	32,81
Температура воды на выходе воздухоохладителей, °С	33,29	33,46	33,56	17,79	19,40
Большая разность температур воздуха и воды, °С	2,00	1,14	0,65	18,93	10,90
Меньшая разность температур воздуха и воды, °С	1,14	0,65	0,37	10,90	6,30
Логарифмическая разность температур воздуха и воды, °С	1,53	0,88	0,50	14,55	8,39
Расчетная тепловая нагрузка на воздухоохладители, Вт	1 676	958	548	15 913	9 176
Перепад давления воздуха на воздухоохладителях, Па	100	100	100	100	100
Контрольная разность расчетной и подбираемой температуры воздуха после воздухоохладителей, °С	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*	*0,00*

Температура воздуха после воздухоохладителей какого-либо ряда является температурой воздуха до воздухоохладителей последующего ряда. А температура технической воды после воздухоохладителей первого (второго) ряда является температурой технической воды до воздухоохладителей второго (третьего) ряда.

Обратите внимание на то, что основная тепловая нагрузка приходится на воздухоохладители, подключенные к системе холодоснабжения от ПЭМ.

Рассмотрим таблицу перечня и характеристик противопожарных и дымовых клапанов.

В таблице приведены характеристики каждого противопожарного или дымового клапана:

- оперативное обозначение;
- тип, марка;
- типоразмер;
- № чертежа, ТУ, типовой серии;
- предел огнестойкости;
- обслуживаемое помещение;
- место установки;
- наименование схемы;
- лист альбома.

Фрагмент таблицы с перечнем и характеристиками противопожарных и дымовых клапанов из альбома блока № 4 приведен в таблице 10.11.

Рассмотрим таблицу воздухообмена помещений реакторного отделения.

Ее форма взята из проекта, с ее помощью оперативный персонал может определить по номеру помещения:

- системы вентиляции и кондиционирования воздуха, обслуживающие помещение;
- расчетное разрежение;

– номер помещения, из которого (в которое) перетекает воздух;
– обозначение КИД, через который перетекает воздух;
– расчетные температуры приточного и удаляемого воздуха.

Фрагменты таблицы воздухообмена из альбома блока № 4 приведены в таблице 10.12.

Между таблицами воздухообмена в проекте и альбомах схем имеются различия, приведенные в таблице 10.9.

Таблица 10.9

Параметр	В проекте	В альбомах схем
Наименование и количество помещений	Согласно проекту	Согласно базе данных по зданиям, сооружениям и помещениям
Категория пожарной опасности помещений		
Объем помещений		Согласно проекту
Теплопоступления от технологического оборудования		Согласно проекту (рабочей документации на модернизацию)
Разрежение в помещениях ЗКД	5 кгс/м^2	По значениям расхода воздуха и типоразмерам КИД согласно 8.3.8 настоящего пособия
Приток в помещение:		
– расход воздуха	Согласно проекту	Согласно рабочей документации
– обозначение системы		Согласно рабочей документации[1)]
– номер помещения, из которого перетекает воздух		Согласно рабочей документации[2)]
– обозначение КИД	Указан только типоразмер	Указано оперативное обозначение
– температура воздуха	Согласно проекту	По расчету
– температура смеси		
– расход воздуха суммарный		
Вытяжка из помещения:		
– расход воздуха	Согласно проекту	Согласно рабочей документации
– обозначение системы		Согласно рабочей документации[3)]
– номер помещения, в которое перетекает воздух		Согласно рабочей документации[2)]
– обозначение КИД	Указан только типоразмер	Указано оперативное обозначение
– расход воздуха суммарный	Согласно проекту	По расчету
– температура воздуха		
Средняя температура воздуха		
Кратность воздухообмена		

[1)] Если приточная система вентиляции состоит из независимых подсистем, например, UV48D01 и UV48D02, записывается обозначение подсистемы.

[2)] После разделения коридоров А017, А121, А326 на отсеки (см. 6.14 настоящего пособия) записывается обозначение отсека.

[3)] Если вытяжная система вентиляции состоит из независимых подсистем, например, TL30D01, D02 и TL30D03, D04, записывается обозначение подсистемы.

Для создания таблицы воздухообмена использовалось приложение Microsoft Excel в связи с вычислением части параметров.

Таблица 10.10

Обозначение системы	Наименование обслуживаемого помещения (технологического оборудования)	Кол-во раб/рез.	Расход воздуха, $м^3/ч$	Вентилятор		Теплообменник						Фильтр			Примечание
				Расход воздуха, $м^3/ч$	Полное давление воздуха, Па	Тип	Кол-во	Температура нагрева (охлаждения) воздуха, °С		Расход тепла (холода), кВт	Перепад давления воздуха, Па	Тип	Кол-во	Перепад давления воздуха, Па	
								от	до						
Герметичная часть (включая системы, обслуживающие оболочку и находящиеся в обстройке)															
TL01	Система охлаждения боксов ПГ и ГЦН	3/3	180 000	60 000	2800	ВО 180/2510/250	18/18	50	22	1516,0	1120	-	-	-	
TL02	Система очистки воздуха герметичных помещений	1/1	30 000	30 000	3400	КВС-11п	1/1	37	50	124,5	90	ФРА-95-10М	3/3	500	
												АУ-1500	20/20	2400	
TL03	Система охлаждения приводов СУЗ	2/1	44 000	22 000	3700	ВО 180/2510/250	6/3	74	36	539,0	1120	-	-	-	
TL04	Система охлаждения центрального зала	1/2	60 000	60 000	2800	ВО 180/2510/250	6/12	49	22	506,0	1120	-	-	-	
TL05	Система охлаждения шахты реактора	1/2	38 000	38 000	3800	ВО 180/2510/250	3/6	38	21	210,5	1120	-	-	-	
TL21D01	Ремонтно-аварийная вытяжная система вентиляции оболочки	1	80 000	80 000	4200	-	-	-	-	-	-	Д-23кл	32	450	
												АУ-1500	52	2500	
TL21D02, D03	Ремонтная вытяжная система вентиляции оболочки	2	200 000	100 000	4200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TL22	Система поддержания разрежения под оболочкой	1/2	3000	3000	6000	-	-	-	-	-	-	ФАРТОС Ц-500	6/12	500	
												АУ-1500	2/4	2400	
TL41D01	Приточная ремонтно-аварийная система вентиляции оболочки	1	72 500	72 500	1600	КВС-11п	2	-21	16	1053,0	60	ФРНК-ПГ	-	300	
						КВС-12п	2								
TL41D02, D03	Приточная ремонтная система вентиляции оболочки	2	200 000	100 000	1600	КВС-11п	4	-21	15	2841,0	100	ФРНК-ПГ	-	300	
						КВС-12п	4								
TL48	Приточная система воздухоснабжения пневмокостюмов в гермооболочке	1/2	500	500	6300	КсК3-6-01	1	-21	22	8,5	40	ФяВ	2/4	60	
												В-2	2	700	
TL49	Воздушная завеса над бассейном ВКУ и шахтой реактора	2	23 000	23 000	1700	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
TL50	Система охлаждения проходок	1/1	1700	1700	1100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
UV40D01-D03	Система охлаждения проходок	1/2	3800	3800	1000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
UV40D04-D06	Система охлаждения проходок	1/2	3510	3510	1000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Таблица 10.11

Оперативное обозначение	Тип, марка	Типоразмер, мм	№ чертежа, ТУ, типовой серии	Предел огнестойкости	Обслуживаемое помещение	Место установки	Наименование схемы	Лист альбома	Примечание
Герметичная часть. Отм. 16,500									
TL01S09	КПУ-2А-200х200-1-О-4-3-У-72-4	200х200	ТУ 4863-032-049153-00	EI 120	ГА315/1	ГА309/1	01.ЭР.СВ.TL.СХ.26-24	–	Схема выполнена на отдельном листе
TL01S10					ГА315/2	ГА306/1			
TL01S11					ГА315/3	ГА306/2			
Фундаментная часть. ЗКД. Отм. –4,200									
TL29S05	КПУ-1Н-А-4Н-О-Н-200х200-2ф-МП220-Т-0-0-0-0-0-0-0-0-0-УХЛ3.1	200х200	ТУ У 28.1-39460284-005:2016	EI 120	А018/3	А017/1	01.ЭР.СВ.TL.СХ.42-23	125	
TL29S06					А018/1				
TL29S07					А018/2				
TL29S08					А020				
TL29S12									

Таблица 10.12

Обозначение помещения	Наименование помещения	Кол-во помещений	Объем помещения, м^3	Категория пожарной опасности	Расчетные тепло-поступления, Вт	Давление воздуха, Па	Приточная система							Вытяжная система						Средняя температура воздуха, °С	Кратность, 1/ч
							Расход воздуха, м^3/ч	Обозначение системы	Переток из помещения	Обозначение КИД	Температура воздуха, °С	Температура смеси, °С	Расход воздуха суммарный, м^3/ч	Расход воздуха, м^3/ч	Обозначение системы	Переток в помещение	Обозначение КИД	Расход воздуха суммарный, м^3/ч	Температура воздуха, °С		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
А017/1	Коридор	1	415	-	390	0	3900	TL43	-	-	30	30	3900	200	-	А020	TL29S102	3900	30	30	9
														150	-	АК021/1	TL25S104				
														150	-	АК021/2	TL25S103				
														250	-	А024	TL23S105				
														200	-	А025	TL23S106				
														100	-	А029	TL23S107				
														300	-	АК041/3	TL25S123				
														2550	-	А017/3	-				
А018/1	Помещение маслосистемы подпиточных насосов I СБ	1	170	В	9100	-30	8500	-	А119/1	-	37	37	8500	500	TL29	-	-	8500	41	39	50
														8000	TL06D01	-	-				
А020	Помещение слива масла из маслосистем подпиточных насосов	1	45	В	0	-20	200	-	А017/1	TL29S102	30	30	200	200	TL29	-	-	200	30	30	4
А030/1	Помещение насоса организованных протечек	1	60	Д	4650	-25	850	-	А017/3	TL23S108	30	30	850	750	TL23	-	-	850	47	39	14
														100	-	А032	TL23S109				
А030/2	Помещение насоса организованных протечек	1	60	Д	4650	-25	850	-	А017/3	TL23S110	30	30	850	750	TL23	-	-	850	47	39	14
														100	-	А032	TL23S111				
А030/3	Помещение насоса организованных протечек	1	60	Д	4650	-25	850	-	А017/3	TL23S112	30	30	850	750	TL23	-	-	850	47	39	14
														100	-	А032	TL23S113				
А031/1	Помещение насосов спецканализации	1	55	Д	3150	-35	550	-	А017/3	TL23S114	30	30	550	400	TL23	-	-	550	48	39	10
														150	-	А033	TL23S115				
А031/2	Помещение насосов спецканализации	1	55	Д	3150	-35	550	-	А017/3	TL23S116	30	30	550	400	TL23	-	-	550	48	39	10
														150	-	А033	TL23S117				
А032	Помещение бака организованных протечек	1	80	Д	0	-30	100	-	А030/1	TL23S109	47	47	300	300	-	А035	-	300	47	47	4
							100	-	А030/2	TL23S111	47										
							100	-	А030/3	TL23S113	47										
А033	Помещение бака спецканализации	1	120	Д	0	-45	150	-	А031/1	TL23S115	48	48	300	300	TL23	-	-	300	48	48	3
							150	-	А031/2	TL23S117	48										
А035	Помещение монжюса спецканализации	1	65	Д	0	-30	300	-	А032	-	47	47	300	300	TL23	-	-	300	47	47	5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
АЭ607/1	Помещение РУСН I СБ	1	645	Г	13 200	0	3500	UV41	-	-	30	21	8500	3500	UV21	-	-	8500	26	23	13
							5000	UV09D01A, D02A,D03, D04	-	-	15			5000	-	AB734/5	-				
АЭ609/1	Помещение распредустройства I СБ	1	645	Г	45 900	0	3500	UV41	-	-	30	18	18 500	3500	UV21	-	-	18 500	25	21	29
							15 000	UV09D01A, D02A,D03, D04	-	-	15			15 000	-	AB734/5	-				
АВ734/5	Помещение автономных кондиционеров	1	125	Д	0	0	300	UV47D03, D04	-	-	30	25	20 300	300	UV27D03, D04	-	-	20 300	25	25	162
							5000	-	АЭ607/2	-	26			20 000	UV09D01A, D02A,D03, D04	-	-				
							15 000	-	АЭ609/2	-	25										

Планы-схемы размещения оборудования систем вентиляции и кондиционирования воздуха разработаны для каждой отметки, их примеры приведены в приложении С, назначение оборудования показано условными цветами:

- голубым – вытяжные системы вентиляции ЗСД;
- желтым – шкафы и щиты управления;
- зеленым – системы охлаждения;
- красным – аварийные системы вентиляции и локализующая арматура;
- оранжевым – вытяжные системы вентиляции ЗКД;
- синим – системы кондиционирования воздуха;
- фиолетовым – приточные системы вентиляции.

Фрагмент таблицы с перечнем и настройками КИД из альбома блока № 4 приведен в таблице 10.13.

Таблица 10.13

Обозначение	Типоразмер	Место установки	Обслуживаемое помещение	Давление настройки КИД, Па	Система вытяжной вентиляции
Отметка -4,200. Фундаментная часть. ЗКД					
TL25S101	КИД-200	A008/2	AK021/3	10	TL25
TL29S102	КИД-200	A017/1	A020	20	TL29
TL25S103	КИД-200		AK021/2	10	TL25
TL25S104	КИД-200		AK021/1	10	TL25
TL23S105	КИД-200		A024	25	TL23
TL23S106	КИД-200		A025	15	TL23
TL23S107	КИД-150		A029	10	TL23
TL23S108	КИД-400	A017/3	A030/1	25	TL23
TL23S109	КИД-150	A030/1	A032	5	TL23
TL23S110	КИД-400	A017/3	A030/2	25	TL23
TL23S111	КИД-150	A030/2	A032	5	TL23
TL23S112	КИД-400	A017/3	A030/3	25	TL23
TL23S113	КИД-150	A030/3	A032	5	TL23
TL23S114	КИД-300	A017/3	A031/1	35	TL23
TL23S115	КИД-200	A031/1	A033	10	TL23
TL23S116	КИД-300	A017/3	A031/2	35	TL23
TL23S117	КИД-200	A031/1	A033	10	TL23
TL23S118	КИД-200	A017/3	A034	35	TL23
TL25S119	КИД-200		AK028	25	TL25

Информации, приведенной в альбомах схем, достаточно для эксплуатации систем вентиляции и кондиционирования воздуха.

10.2.7 Требования к перечням оборудования

Перечни оборудования являются приложениями к инструкциям по эксплуатации систем вентиляции и кондиционирования воздуха, на их основании разрабатываются графики проведения ТО и ремонта, по этой причине к ним следует относиться серьезно.

Согласно 13.1.4 [140], на АС должны быть разработаны и утверждены главным инженером перечни (сводный перечень) систем (оборудования), в которых должны быть определены:

- принадлежность систем (оборудования) к системам нормальной эксплуатации, системам, важным для безопасности или системам безопасности;
- должностные лица подразделения АС, за которым закреплена система (оборудование);

– должностные лица подразделения АС, ответственного за ремонт и техническое обслуживание оборудования;

– должность административного персонала, уполномоченного принимать решение по заявкам на вывод из работы и ввод в работу системы (оборудования);

– должность оперативного персонала, в оперативном ведении которого находится система (оборудование);

– должность оперативного персонала, в оперативном управлении которого находится система (оборудование).

Возможно приведение ссылок на действующую производственную документацию.

Перечни оборудования, как правило, составляются по стандартной форме, в качестве примера приведена таблица 10.14.

Таблица 10.14

Наименование и обозначение систем, элементов оборудования и трубопроводов	Тип, марка оборудования	Номер ТУ, чертежа, типовой серии	Кол-во	Классификация систем, элементов, оборудования и трубопроводов по назначению и влиянию на безопасность по [9]	Класс безопасности по [9]	Группа по [133]	Категория сейсмостойкости по [128]	Классификационное обозначение по [9]
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Если на объекте нет оборудования, на которое распространяются требования [133], столбец 7 можно из таблицы исключить. Если на объекте нет оборудования, на которое распространяются требования [9] и [128], в таблице можно оставить только столбцы 1-4.

При составлении перечней оборудования рекомендуется:

– столбцы 1, 4 заполнять в соответствии с рабочей документацией;

– столбцы 2, 3 заполнять в соответствии с паспортами (договорами или контрактами на поставку) оборудования;

– столбцы 5-9 заполнять в полном соответствии с классификатором систем, важных для безопасности.

Не рекомендуется заполнять столбцы 2, 3 в соответствии с рабочей документацией, если нет гарантий, что будет приобретено и установлено указанное в ней оборудование. Обозначения ТУ следует указывать, если они указаны в паспортах оборудования, хранящихся в надежном месте. В противном случае безопаснее указать номера стандартов, которые распространялись на соответствующее оборудование на момент его изготовления.

Гибкие вставки, прокат, метизы, электроды в перечне оборудования не нужны.

Для воздуховодов достаточно указать стандарт на сталь, из которой они изготовлены, диапазон толщины металла, отдельно рекомендуется записывать воздуховоды:

– в пределах ЗСД;

– в пределах ЗКД;

– в пределах помещений АБ.

10.2.8 О необходимости в разработке перечня СИ

Для измерения параметров систем вентиляции и кондиционирования воздуха в процессе эксплуатации, кроме стационарных СИ, могут использоваться и переносные СИ. А измерение параметров систем вентиляции и кондиционирования воздуха при проведении проверок на соответствие их проектным характеристикам в основном производится переносными СИ.

Согласно 6.1.3.2 [220], в разделе «Назначение, краткое описание и характеристика системы, оборудования» должен быть указан объем теплотехнического контроля.

Согласно 6.1.3.42 [220], в разделе «Порядок подготовки к работе, пуску и пуск системы, оборудования» должны быть указаны операции по проверке готовности системы и ее оборудования к работе с помощью КИП, входящих в состав системы (указываются значения показаний этих приборов, соответствующие исходному состоянию системы и допустимые отклонения от этих значений).

Согласно 5.4.6 [222], если для выполнения послеремонтных проверок или испытаний должны применяться дополнительный инструмент, приспособления и аппаратура для измерений, то в программе проверки или испытаний должен быть указан перечень инструмента, приспособлений и аппаратуры, а также ответственные за его доставку и применение.

Таким образом, в инструкциях по эксплуатации и программах проведения проверок систем вентиляции и кондиционирования воздуха должен быть указан перечень СИ для контроля параметров воздуха и воды.

Лаборатория наладки вентиляции Запорожской АЭС располагала пятью комплектами для измерения параметров систем вентиляции и кондиционирования воздуха «Testo-445», состоящих из приборов и измерительных зондов. Их марки, измеряемые параметры и метрологические характеристики (диапазоны измерений, пределы допускаемой погрешности) на основании заводской документации были включены в инструкции по эксплуатации и программы проведения проверок систем вентиляции и кондиционирования воздуха.

Приборы и измерительные зонды периодически проходили поверку и возвращались в лабораторию наладки вентиляции с записями в формулярах о фактических метрологических характеристиках.

Причиной изменения фактических метрологических характеристик приборов и измерительных зондов являлось чаще всего отсутствие технических средств для поверки в диапазоне измерений согласно заводской документации.

Например, по заводской документации зонд-крыльчатка 0635.9540 имеет диапазон измерения скорости движения воздуха от 0,4 м/с до 60 м/с, а стенд для поверки его мог обеспечить значение указанного параметра от 1 м/с до 30 м/с, этот диапазон измерений указывался в формуляре измерительного зонда.

С течением времени фактические метрологические характеристики приборов и измерительных зондов стали заметно различаться с заводской документацией на них, чтобы выполнить требования [220] и [222], необходимо было принять одно из решений:

– во всех инструкциях по эксплуатации и программах проведения проверок систем вентиляции и кондиционирования воздуха привести полный перечень приборов и измерительных зондов с фактическими метрологическими характеристиками;

– разработать отдельный перечень СИ, а в инструкциях по эксплуатации и программах проведения проверок систем вентиляции и кондиционирования воздуха привести ссылки на него.

В случае принятия первого варианта при изменении метрологической характеристики какого-либо СИ требовалось внести изменения во все инструкции по эксплуатации и программы проведения проверок систем вентиляции и кондиционирования воздуха.

По этой причине был принят второй вариант, при изменении метрологической характеристики какого-либо СИ вносились необходимые изменения только в перечень СИ.

10.3 Разработка программ проведения проверок систем вентиляции и кондиционирования воздуха на соответствие проектным характеристикам

10.3.1 Общие требования

Общими положениями безопасности атомных станций предусмотрены периодические проверки систем, важных для безопасности, на соответствие проектным характеристикам.

Периодичность и условия проведения проверок, критерии успешного проведения проверок, как правило, указываются в регламентах проверок и испытаний. Их разработчики, не имея опыта эксплуатации АС, указывали в регламентах невыполнимые условия проведения проверок и ненужные критерии успешного проведения проверок.

Рассмотрим для примера системы охлаждения герметичной оболочки, каких проектных параметров, и при каком состоянии РУ имеется техническая возможность проверки.

В рабочей документации приведены технические характеристики указанных систем:

- объемный расход воздуха вентилятора;
- полное давление воздуха вентилятора;
- температура воздуха на выходе вентилятора;
- холодопроизводительность воздухоохладителей;
- перепад давления воздуха на воздухоохладителях;
- объемный расход воды на воздухоохладители;
- перепад давления воды на воздухоохладителях;
- температура воздуха в обслуживаемых помещениях;
- температура воздуха на выходе из верхнего блока (только системы TL03);
- температура бетона в строительных конструкциях (только системы TL05).

Фактическое значение холодопроизводительности воздухоохладителей определяется только тепловой нагрузкой на них, т.е. теплопоступлениями от технологического оборудования и трубопроводов. Поэтому измерение фактического значения холодопроизводительности воздухоохладителей и сравнение с проектным значением данного параметра не имеет смысла.

Тем более нет смысла в измерении холодопроизводительности воздухоохладителей при температуре теплоносителя первого контура не более 150 °С, т.е. при значительном снижении теплопоступлений от технологического оборудования и трубопроводов по сравнению с режимом РУ «Работа на мощности».

Расход воздуха действительно является основной характеристикой систем охлаждения гермооболочки, при проектном значении данного параметра обеспечивается проектный воздухообмен в обслуживаемых помещениях, расчетная скорость воздуха в живом сечении воздухоохладителей и патрубках клапанов воздушных комбинированных запорно-обратных.

А значение полного давления вентилятора определяется только потерями давления воздуха в воздухоохладителях, клапанах воздушных комбинированных запорно-обратных и сети воздуховодов. Поэтому, если система охлаждения гермооболочки обеспечивает значение проектного расхода воздуха, но не обеспечивает значение полного давления воздуха вентилятора, можно считать, что она обеспечивает проектные параметры.

СИ для измерения объемного расхода воды на воздухоохладители и давления воды на входе и выходе воздухоохладителей рабочей документацией не предусмотрены.

Техническая возможность и цель проверки параметров систем охлаждения при проведении проверок приведена в таблице 10.15.

Таблица 10.15

<table>
<tr><td rowspan="2">Параметр систем охлаждения</td><td colspan="3">Техническая возможность и цель проверки параметров систем охлаждения при проведении проверок</td></tr>
<tr><td>перед началом ППР</td><td>по окончании ППР</td><td>при температуре I контура более 150 °С</td></tr>
<tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr>
<tr><td>Объемный расход воздуха вентилятора</td><td rowspan="2">Имеется, для обнаружения дефектов оборудования</td><td rowspan="2">Имеется, для проверки качества ремонта оборудования</td><td rowspan="2">Нет необходимости, эти параметры проверялись при проведении послеремонтных проверок</td></tr>
<tr><td>Перепад давления воздуха на воздухоохладителях</td></tr>
</table>

1	2	3	4
Температура воздуха на выходе вентилятора	Имеется, но не имеет смысла, эти параметры постоянно контролируются оперативным персоналом	Не имеется, ввиду отсутствия теплопоступлений от технологического оборудования	Имеется, для подтверждения обеспечения проектных параметров воздуха (бетона) системами охлаждения (дистанционно, средствами УВС)
Температура воздуха в обслуживаемых помещениях			
Температура воздуха на выходе из верхнего блока (только системы TL03)			
Температура бетона в строительных конструкциях (только системы TL05)			

Таким образом, указанный в таблице 10.15 объем проверок является минимально необходимым для подтверждения проектных характеристик систем охлаждения гермооболочки.

При необходимости можно измерить объемный расход воды на воздухоохладители методом теплового баланса и перепад давления воды на воздухоохладителях переносными СИ по отдельной программе, но пока такой необходимости на Запорожской АЭС не возникало.

10.3.2 Требования к СИ для включения в программы проверок и испытаний

В программы проверок систем вентиляции и кондиционирования воздуха следует включать СИ, обеспечивающие необходимый диапазон измерений и приемлемую погрешность измерений.

Например, в лаборатории наладки службы вентиляции Запорожской АЭС имеются приборы измерительные для систем вентиляции и кондиционирования воздуха «Testo-445» с зондами давления, метрологические характеристики которых приведены в таблице 10.16.

Таблица 10.16

Наименование параметра	Наименование, тип ПИП	Диапазон измерений	Предел допускаемой погрешности
Давление воздуха	Зонд давления 0638.1345	от 0 до 100 Па	$\gamma = \pm 1{,}0\%$
	Зонд давления 0638.1445	от 0 до 1000 Па	$\gamma = \pm 1{,}0\%$
	Зонд давления 0638.1545	от 0 до 10 000 Па	$\gamma = \pm 1{,}0\%$

У каждого зонда давления есть своя область применения.

Например, если в состав системы вентиляции входит вентилятор со значением полного давления воздуха 5000 Па, понятно, что следует включить в программу проверки зонд давления 0638.1545.

Если же в состав системы вентиляции входит вентилятор со значением полного давления воздуха 600 Па, достаточно применить зонд давления 0638.1445.

А для измерения скорости движения воздуха совместно с трубкой Пито следует применять только зонд давления 0638.1345.

Обратите внимание на то, что стандартная трубка Пито предназначена для измерения скорости движения воздуха в диапазоне (4-30) м/с. Хотя при выполнении измерений скорости движения воздуха прибор «Testo-445» не раз показывал значение менее минимального значения диапазона измерений, например, 1,5 м/с.

Но данный результат измерения нельзя считать корректным, т.к. при температуре воздуха 20 °С и плотности воздуха 1,2 кг/м^3 динамическое давление воздуха равно 1,35 Па, которое преобразуется трубкой Пито и зондом давления в цифровой сигнал.

Относительной погрешностью трубки Пито (δ = 3%) можно пренебречь, а при значении приведенной погрешности зонда давления 0638.1345 (γ= ± 1,0%) его абсолютная погрешность равна 1,00 Па.

Таким образом, измеренное динамическое давление воздуха равно (1,35±1,00) Па.

Несложный расчет показывает, что измеренное значение скорости движения воздуха находится в диапазоне (0,7-2,0) м/с.

Вот еще один пример. На одном из предприятий для измерения давления воды на входе и выходе конденсатора автономного кондиционера предусмотрена установка манометров с диапазоном измерений (0-1,6) МПа и классом точности 1,5. При этом абсолютная погрешность измерения давления воды равна ±24 кПа.

Тогда абсолютная погрешность измерения перепада давления воды на конденсаторе равна ±48 кПа.

А по ТУ перепад давления воды на конденсаторе не должен быть более 50 кПа.

Понятно, что установленные манометры для измерения перепада давления воды на конденсаторе непригодны.

Следующий пример относится к практике применения СИ.

На Запорожской АЭС имеется несколько пирометров марки Raynger ST 20 Pro для бесконтактного измерения температуры поверхности с оптическим разрешением D:S=12:1. Это означает, что соотношение между расстоянием до предмета и диаметром обзора пирометра равно 12:1, что и показано на рис. 10.5.

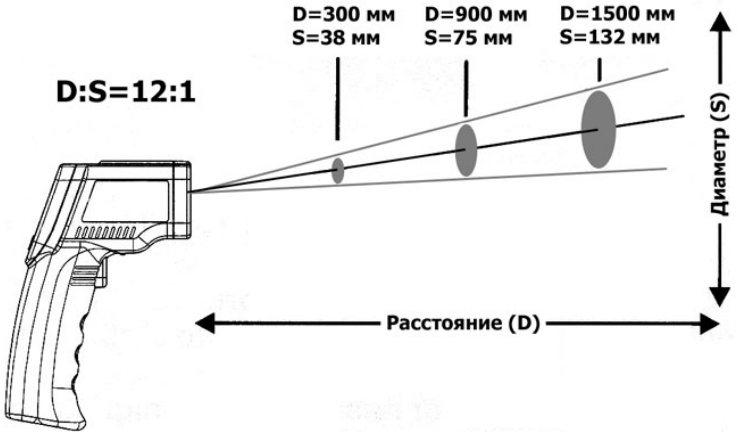


Рисунок 10.5 – Оптическое разрешение пирометра

Например, для измерения температуры поверхности трубки диаметром 20 мм максимальное расстояние от нее до пирометра должно быть не более 240 мм, при большем расстоянии будет измерена средняя температура всех объектов, попавших в фокус пирометра.

Хотя на практике имели место случаи измерения температуры поверхности трубки диаметром 20 мм с расстояния 2 м.

10.3.3 Разработка программ проведения проверок систем охлаждения герметичной части на соответствие проектным характеристикам

В первой редакции типового регламента проверок и испытаний систем, важных для безопасности, разработанной по заказу ГП «НАЭК «Энергоатом», были записаны требования к предремонтным проверкам систем охлаждения гермооболочки:

– условия проведения проверок: первый этап – не позднее 5 суток до вывода блока в ремонт; РУ в состоянии «Работа на мощности»; второй этап – РУ находится на этапе расхолаживания при температуре теплоносителя первого контура не более 150 °С;

– критерии успешного проведения проверок: максимальная температура воздуха в боксах ПГ и на выходе вентиляторов; минимальные значения расхода воздуха, полного давления вентилятора и холодопроизводительности воздухоохладителей.

В нем же были записаны требования к послеремонтным проверкам систем охлаждения гермооболочки:

– условия проведения проверок: РУ в состоянии «холодный останов» перед гидравлическими испытаниями первого контура;

– критерии успешного проведения проверок: минимальные значения расхода воздуха, полного давления вентилятора.

Измерение температуры воздуха в боксах ПГ и на выходе вентиляторов именно при проведении предремонтных проверок не имеет смысла, т.к. оперативный персонал контролирует данные параметры постоянно и при выходе их за границы допускаемых значений принимает меры по устранению дефектов.

Так что значения температуры воздуха в боксах ПГ и на выходе вентиляторов по определению должны находиться в границах допускаемых значений.

В окончательной редакции регламента проверок и испытаний систем, важных для безопасности, критерии проведения проверок указаны «в соответствии с проектной и эксплуатационной документацией».

В программе проверок систем охлаждения гермооболочки, утвержденной главным инженером Запорожской АЭС, приведены этапы и условия проведения проверок:

– предремонтные проверки – во время расхолаживания РУ при температуре теплоносителя не более 150 °С;

– послеремонтные проверки систем TL01, TL04, TL05 – перед гидравлическими испытаниями первого контура, реакторная установка находится в состоянии: «Холодное состояние», «Останов для ремонта» или «Перегрузка топлива»;

– послеремонтные проверки системы TL03 – перед пуском блока после ППР после установки всех стаканов, защищающих фланцы ТК от подрыва, а также съемных патрубков между закладными деталями ГП-19 и верхним блоком, РУ находится в состоянии: «Холодное состояние», «Останов для ремонта» или «Перегрузка топлива»;

– эксплуатационные проверки – не позднее пяти суток после включения блока в сеть, РУ находится в состоянии «работа на мощности».

Перечень измеряемых параметров систем охлаждения гермооболочки приведен в таблице 10.17.

Таблица 10.17

Наименование параметра и единица измерения	Определяются при проверках			Примечание
	предремонтных	послеремонтных	эксплуатационных	
1	2	3	4	5
Система TL01				
Расход воздуха вентилятора, $м^3/ч$	+	+	-	
Перепад давления воздуха на воздухоохладителях, Па	+	+	-	
Температура воздуха на выходе вентилятора, °С	-	-	+	
Температура воздуха в боксах ПГ, °С	-	-	+	
Система TL03				
Расход воздуха вентилятора, $м^3/ч$	+	+	-	
Перепад давления воздуха на воздухоохладителях, Па	+	+	-	
Температура воздуха на выходе из верхнего блока, °С	-	-	+	
Температура воздуха на выходе вентилятора, °С	-	-	+	

1	2	3	4	5
Система TL04				
Расход воздуха вентилятора, м^3/ч	+	+	-	
Перепад давления воздуха на воздухоохладителях, Па	+	+	-	
Температура воздуха на выходе вентилятора, °С	-	-	+	
Температура воздуха в центральном зале	-	-	+	
Система TL05				
Расход воздуха вентилятора, м^3/ч	+	+	-	
Перепад давления воздуха на воздухоохладителях, Па	+	+	-	
Температура воздуха на выходе вентилятора, °С	-	-	+	
Температура бетона в консоли, °С	-	-	+	
Температура бетона шахты реактора	-	-	+	

10.3.4 Проверка перепада давления воздуха на теплообменниках, фильтрах и адсорберов угольных

При ПНР и периодических проверках систем вентиляции с теплообменниками, фильтрами и адсорберами угольными (при их наличии) измеряются параметры:

– объемный расход воздуха через теплообменники, фильтры и адсорберы угольные (группы фильтров и адсорберов угольных);

– перепад давления воздуха на фильтрах и адсорберах угольные (группах фильтров и адсорберов угольных).

Но для определения технического состояния указанного оборудования указанных выше данных недостаточно, должен быть определен перепад давления воздуха на элементах, пересчитанный на паспортный (проектный) расход воздуха по формуле:

$$\Delta P_{пр} = \Delta P_{ф} \times \left(\frac{L_{пасп}}{L_{ф}}\right)^{b}, \text{ Па} \qquad (10.1)$$

где $\Delta P_{ф}$ – фактический перепад давления воздуха на элементе, Па;

$L_{пасп}$ – паспортный (проектный) объемный расход воздуха через элемент, м^3/ч;

$L_{ф}$ – фактический объемный расход воздуха через элемент, м^3/ч;

b – эмпирический показатель степени.

Для теплообменников, так как движение воздуха на входе, на выходе и между ребрами турбулентное, показатель степени b =2.

Для фильтров грубой очистки, так как движение воздуха на входе, на выходе и через слой фильтрующего материала турбулентное, показатель степени b=2.

А вот в фильтрах аэрозольных и адсорберах угольных движение воздуха смешанное: на входе и выходе турбулентное, через слой фильтрующего материала (адсорбента) ламинарное, поэтому показатель степени b находится в диапазоне от 1 до 2 и может быть определен только при испытаниях на стенде (см. 13.13 настоящего пособия).

Вот пример из практики.

При проверке одной группы оборудования системы охлаждения TL01 на соответствие проектным характеристикам измерены ее параметры:

– объемный расход воздуха 30 000 м^3/ч (проектный – 60 000 м^3/ч);

– перепад давления воздуха на воздухоохладителях 1100 Па (максимальное допускаемое значение – 1350 Па).

На первый взгляд, имеется дефект вентилятора, не обеспечивающего проектный расход воздуха. Но по формуле (10.1) значение перепада давления воздуха на воздухоохладителях, пересчитанного на проектный расход воздуха, оказалось равным 4400 Па, т.е. причина недостаточного расхода воздуха в засорении оребренной поверхности воздухоохладителей.

После промывки оребренной поверхности воздухоохладителей проектный расход воздуха данной группы оборудования системы TL01 был восстановлен.

10.3.5 Испытания систем противодымной вентиляции

Согласно [223], не реже одного раза в 2 года должны производиться периодические испытания систем противодымной вентиляции и контролироваться:

– для систем вытяжной противодымной вентиляции – фактические расходы воздуха, удаляемого через дымоприемные устройства непосредственно из помещений, из коридоров (холлов), расположенных на путях эвакуации, из помещений, защищенных установками газового аэрозольного и порошкового пожаротушения;

– для систем приточной противодымной вентиляции – фактические значения избыточного давления в незадымляемых лестничных клетках типа Н2 (секциях лестничных клеток), в шахтах лифтов и в тамбур-шлюзах.

При проведении периодических испытаний должны подлежать контролю не менее 30% от общего количества систем приточно-вытяжной противодымной вентиляции, выделенных методом случайного выбора.

В [224] приведен минимальный перечень технических средств, в том числе средств измерения, для выполнения работ по монтажу, техническому обслуживанию и ремонту средств обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений.

Для выполнения монтажа, технического обслуживания и ремонта систем противодымной вентиляции необходимы технические средства:

– для измерения динамических давлений воздушного потока и статических давлений в установившихся воздушных потоках;

– для измерения полных давлений воздушного потока;

– для измерения скорости направленного воздушного потока в трубопроводах и каналах вентиляционных устройств;

– для измерения вакуумметрического и избыточного давлений воздуха;

– для измерения перепада давлений;

– для измерения интервалов времени с точностью до долей секунды;

– для измерения линейных размеров;

– для измерения температуры воздуха;

– термоэлектрический преобразователь температуры;

– для измерения атмосферного давления;

– для определения влажности воздуха;

– для измерений наружных и внутренних размеров, а также глубин отверстий.

Таким образом, для выполнения периодических испытаний систем противодымной вентиляции на АС необходимо:

– иметь поверенные СИ для измерения перечисленных выше параметров воздуха;

– включить в программу испытаний указанные СИ;

– предусмотреть в программе испытаний измерение атмосферного давления, температуры и относительной влажности перемещаемого воздуха;

– предусмотреть в программе испытаний использование значений атмосферного давления, температуры и относительной влажности воздуха для расчета плотности перемещаемого воздуха согласно [144].

Если для измерения скорости движения воздуха СИ для измерения интервалов времени не нужен, его все равно следует включать в программу испытаний хотя бы для выполнения требований 4.13 [223].

10.3.6 Проверка эффективности фильтров аэрозольных и адсорберов угольных

В пункте 65 [10] указано, что во время эксплуатации очистного оборудования систем вентиляции должна контролироваться эффективность очистки аэрозольными и йодными фильтрами, предназначенными для очистки вентиляционного воздуха от радиоактивных аэрозолей и соединений йода по наиболее проникающим частицам и по органической форме йода соответственно.

В настоящее время определить эффективность фильтров аэрозольных можно только средствами радиационного контроля, для чего необходимо совпадение следующих факторов:

– наличие радиоактивных аэрозолей в воздухе, подаваемом на фильтры аэрозольные, на момент выполнения проверок;

– значение объемной активности воздуха по радиоактивным аэрозолям на входе и выходе фильтров аэрозольных более МИА (10 Бк/м^3).

Действующим регламентом радиационного контроля при эксплуатации объектов Запорожской АЭС предусмотрено измерение эффективности фильтров аэрозольных:

– систем TL21D01, TL22, TL23, TL28 – один раз в квартал;

– системы TL21D01 – на третьи сутки после останова блока;

– системы TL22 – при появлении ДЖН в гермооболочке и состоянии РУ «Работа на мощности»;

– системы TL23 – при выполнении работ на оборудовании TG (системы охлаждения бассейна выдержки), TQ (системы аварийного и планового охлаждения активной зоны).

Как правило, при измерениях объемной активности воздуха по радиоактивным аэрозолям получались результаты: на входе фильтров – менее МИА, на выходе фильтров – менее МИА, из которых эффективность аэрозольных фильтров получить не удавалось.

На официальном сайте концерна «Росэнергоатом» имеется информация о действующих методиках определения коэффициента очистки воздуха от радиоактивных аэрозолей [225], [226], [227].

Указанными методиками предусмотрено:

– установка на каждой системе вентиляции специализированного пробоотбора до и после фильтров аэрозольных (при отсутствии штатных пробоотборных стендов радиационного контроля);

– использование двух передвижных комплектов технических средств, в т.ч. диффузионных аэрозольных спектрометров;

– обработка результатов измерений специальным программным обеспечением.

В настоящее время закупка технических средств и внедрение методик определения эффективности аэрозольных фильтров Запорожской АЭС не по силам.

Действующим регламентом радиационного контроля при эксплуатации объектов Запорожской АЭС не предусмотрено измерение эффективности адсорберов угольных.

На официальном сайте концерна «Росэнергоатом» имеется информация о действующих методиках определения коэффициента очистки воздуха от радиоактивного йода [226], [228], [229].

Например, методика [229] предусматривает измерение эффективности очистки вентиляционного воздуха адсорберами угольными методом определения концентраций хладона R141b или аналога, измеренных на входе и выходе адсорберов угольных.

В статье [230] указано, что стендовые испытания поглощающей способности фреона адсорбентом ВСК-5ИК показали, что при концентрации хладона R141b в подаваемом на адсорбент воздухе от 100 мкг/л до 200 мкг/л и времени продувки колонки 30 минут эффективность адсорбции хладона составляла не менее 99%.

Для сравнения: эффективность адсорбции метилйодида-131 тем же адсорбентом составляла не менее 99,9%.

Расчетный расход хладона R141b для измерения эффективности адсорбции 52 адсорберов угольных АУИ-1500 равен 7,8 кг, что вполне приемлемо.

В данной методике записано, что испытания адсорберов угольных, смонтированных в вентсистему, считаются удовлетворительными, если полученные значения эффективности по измеренным данным удовлетворяют условию:

$$E_{измерен.} \geq E_{задан.} \quad (10.2)$$

где $E_{измерен.}$ – значение эффективности очистки воздуха адсорберами угольными от хладона;

$E_{задан.}$ – значение эффективности очистки воздуха адсорбентом от хладона, определенное при специальных лабораторных стендовых испытаниях.

Значение $E_{задан.}$ должно определяться при лабораторных стендовых испытаниях путем измерения эффективности очистки воздуха от фреона адсорбентом той же марки, что и в адсорберах угольных, и проводиться при параметрах, соответствующих параметрам эксплуатации адсорберов угольных в вентсистеме АС.

Должны быть одинаковы:

– скорость потока воздуха через слой адсорбента при стендовых испытаниях и в адсорберах угольных;

– толщина слоя адсорбента при стендовых испытаниях и в адсорберах угольных;

– параметры воздушного потока – температура, относительная влажность.

Эффективность очистки воздуха адсорбентом от метилйодида-131 должна быть не менее 99,0%.

Таким образом, для внедрения на АС методики [229] необходимы следующие условия:

– адсорберы угольные должны быть заполнены адсорбентом, для которого при стендовых испытаниях определено значение $E_{задан.}$;

– на АС должны быть в наличии необходимые технические средства.

Запорожская АЭС не имеет информации об использовании для изготовления адсорберов угольных адсорбента, в технических условиях на который указаны значения эффективности очистки воздуха от йода-131, метилйодида-131 и хладона R141b или аналога.

Запорожская АЭС не имеет информации о внедрении какой-либо из методик [226], [228], [229] в филиалах концерна «Росэнергоатом».

10.3.7 Проверка результатов испытаний систем и оборудования сторонними организациями

Результаты испытаний сторонними организациями следует обязательно проверять, в качестве примера рассмотрим результаты испытаний на стенде автономного кондиционера с холодопроизводительностью в стандартных условиях 16 кВт, приведенные в таблице 10.18.

Таблица 10.18

Наименование параметра и единица измерения	Значение в режиме		Примечание
	1	2	
1	2	3	4
Расход воздуха кондиционера, $м^3/ч$	3250		
Температура воздуха на входе кондиционера, °С:			
– по сухому термометру	27,0	27,1	
– по мокрому термометру	18,6	13,4	
Температура воздуха на выходе кондиционера, °С:			
– по сухому термометру	10,0	9,5	
– по мокрому термометру	6,4	5,0	

1	2	3	4
Расход охлаждающей воды, $м^3/ч$	3,0		
Температура охлаждающей воды, °С:			
– на входе в конденсатор	30,0		
– на выходе из конденсатора	32,0		
Холодопроизводительность общая, кВт	34,2	20,7	
Примечание – в режиме 1 воздух на входе кондиционера увлажнялся, в режиме 2 – не увлажнялся, влагосодержание воздуха на входе и выходе кондиционера должно быть одинаковым.			

Внесем параметры воздуха, приведенные в таблице 10.18, на I-d диаграмму влажного воздуха, результаты показаны на рис. 10.6 (луч A-B – режим 1, луч C-D – режим 2).

Параметры точек на рис. 10.6 приведены в таблице 10.19.

Таблица 10.19

Параметр и единица измерения	Значение в точке			
	A	B	C	D
Температура, °С	27,0	10,0	27,1	9,5
Относительная влажность,%	45	59	18	49
Влагосодержание, г/кг	10,0	4,5	4,1	3,6
Удельная энтальпия, кДж/кг	52,9	21,4	37,8	18,6
Расход воздуха, $м^3/ч$	3250			
Холодопроизводительность общая, кВт	34,1		20,8	

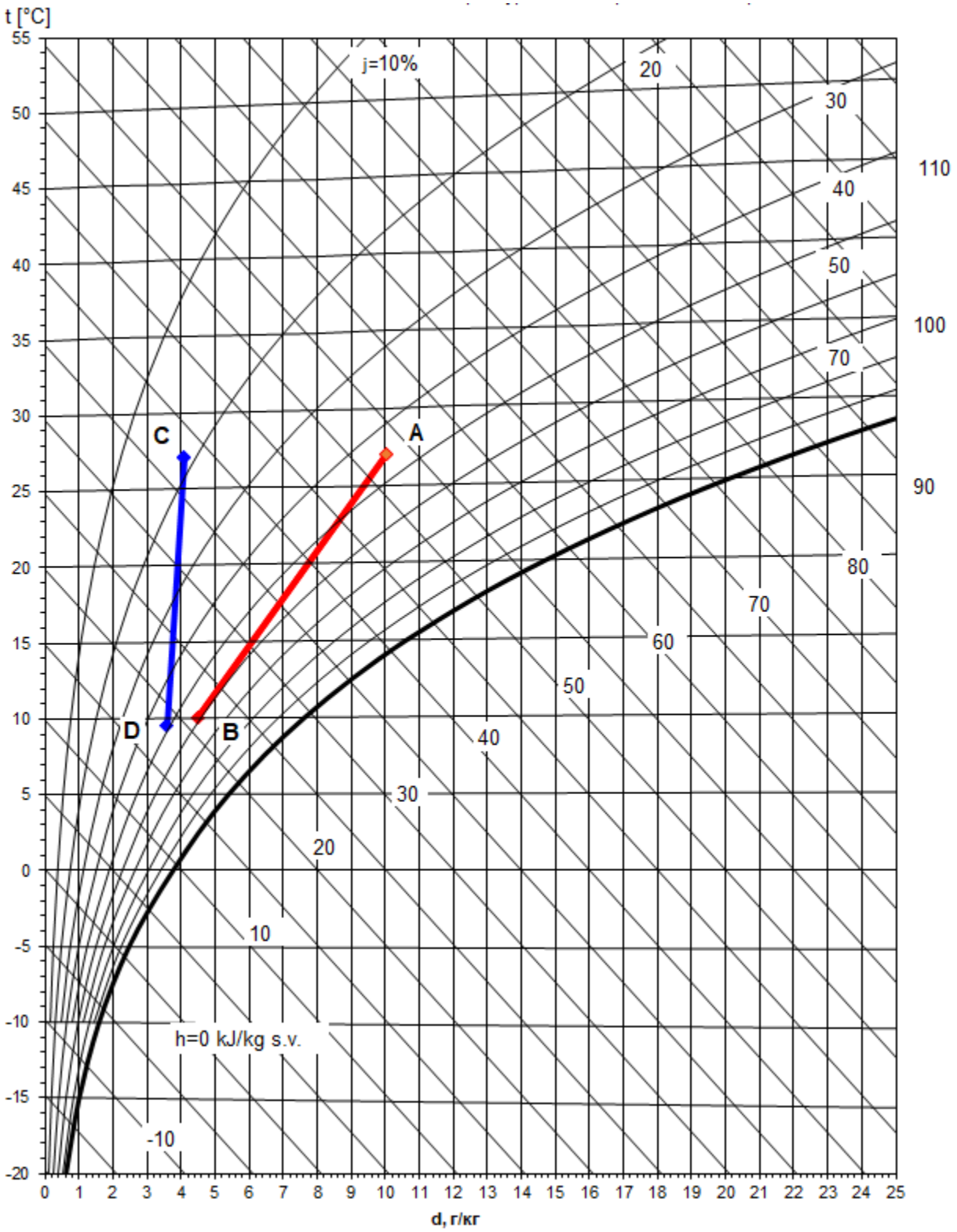


Рисунок 10.6 – Параметры автономного кондиционера в I-d диаграмме влажного воздуха

И что видно из рис. 10.6:

– общая холодопроизводительность кондиционера в режиме 1 равна 34,1 кВт;

– общая холодопроизводительность кондиционера в режиме 2 равна 20,8 кВт.

Параметры автономного кондиционера в режиме 1 являются недостоверными, т.к. луч A-B должен направляться к точке, соответствующей температуре поверхности испарителя при $\varphi = 100\%$.

Определим тепловую нагрузку на конденсатор кондиционера по формуле:

$$Q_к = G_в \times c_в \times (t_2 - t_1),\ кВт \qquad (10.3)$$

где $G_в$ – расход охлаждающей воды, кг/с;

$c_в$ – удельная массовая теплоемкость воды, кДж/(кг·К);

t_1 – температура воды на входе в конденсатор, °С;

t_2 – температура воды на выходе из конденсатора, °С.

Подставляя данные в формулу (10.3), получаем:

$$Q_к = \frac{3000}{3600} \times 4{,}186 \times (32 - 30) = 6{,}98\ кВт \qquad (10.4)$$

Тепловая нагрузка на конденсатор кондиционера не может быть менее его общей холодопроизводительности.

Таким образом, результаты испытаний, приведенные в таблице 10.18, не могут быть приняты из-за ошибочно проведенных измерений.

В свое время на одной из АС Украины (не Запорожской АЭС) специалисты цеха наладки и испытаний оборудования предоставили в цех вентиляции акт периодических проверок системы кондиционирования воздуха на соответствие проектным характеристикам.

Указанная система состояла из автономных кондиционеров КПА1-11-01 и обеспечивала охлаждение электронного оборудования в режиме 100% рециркуляции. Влагопоступления в обслуживаемых помещениях отсутствовали.

В акте было указано значение холодопроизводительности каждого автономного кондиционера не менее 52 кВт при значении указанного параметра при стандартных условиях 51 кВт (см. таблицу 13.16 настоящего пособия).

При проверках выполнялись только измерения температуры воздуха до и после автономных кондиционеров, т.е. по результатам измерений можно рассчитать только их фактическую холодопроизводительность по явному теплу.

Как указано в 13.10 настоящего пособия, при отсутствии влагопоступлений в обслуживаемых помещениях при прочих равных исходных данных холодопроизводительность автономных кондиционеров КПА1-11-01 не может быть более 43,7 кВт.

Таким образом, в акте периодических проверок системы кондиционирования воздуха на соответствие проектным характеристикам приведены недостоверные данные.

10.4 Разработка программ и процедур входного контроля продукции

Для проведения входного контроля продукции, поступающей на АС, разработаны стандарты и другие нормативные документы, в них регламентируется порядок проведения операций, требования к оформлению документации, действия персонала при выявлении несоответствия продукции требованиям договора (контракта), ТУ, ТЗ и т.д.

На Запорожской АЭС в обязанности подразделения-заказчика продукции входит своевременный пересмотр/разработка, согласование и утверждение программ и процедур проведения входного контроля поступающей продукции в соответствии с требованиями федеральных норм и правил в области использования атомной энергии.

А вот технические вопросы следует описывать в программах и процедурах проведения входного контроля:

- требования к контролируемым параметрам;
- перечень СИ для проведения входного контроля;
- требования к эксплуатационной документации;
- требования к маркировке, упаковке и консервации;
- требования к габаритным, установочным и присоединительным размерам продукции;
- требования к техническим характеристикам продукции.

Для разработки качественных программ и процедур проведения входного контроля необходимо располагать актуальной редакцией ТУ (ТЗ) на оборудование.

Обратите внимание на то, что при входном контроле продукции невозможно проверить большую часть ее технических характеристик из-за отсутствия технических средств.

Например, невозможно проверить при входном контроле:

- класс воздушных фильтров;
- холодопроизводительность воздухоохладителей и автономных кондиционеров;
- объемный расход и полное давление воздуха вентиляторов и автономных кондиционеров;
- класс огнестойкости клапанов противопожарных и дымовых;
- и еще множество технических характеристик.

Эти технические характеристики должны проверяться при приемо-сдаточных и/или приемочных испытаниях, о чем в паспортах (формулярах) должны быть выполнены записи, подтвержденные подписью и печатью ОТК. Вот наличие записей, подписей и печатей при входном контроле проверить можно.

Обязательно следует проверить выборочно габаритные, установочные и присоединительные размеры, комплектность продукции, состояние лакокрасочного покрытия деталей из углеродистой стали.

Можно проверить выборочно работоспособность клапанов дымовых и противопожарных подачей напряжения на электроприводы (если клапаны поставляются в комплекте с пультами управления – проверить еще и функции пультов управления).

10.5 Составление технических заданий на разработку рабочей документации

Требования к оформлению ТЗ на разработку рабочей документации изложены в стандарте [231], при этом состав раздела «Исходные данные для выполнения работы» определяется спецификой модернизируемого объекта.

Рассмотрим, какие исходные данные включены в ТЗ на разработку рабочей документации по модернизации систем кондиционирования воздуха, обслуживающих помещения АСУТП блоков № 1, 2 Запорожской АЭС, составленного на основании решения [232], согласованного с Госатомрегулирования.

На стадии подготовки решения [232] были выполнены измерения параметров систем кондиционирования воздуха, результаты измерений и расчета теплопоступлений в обслуживаемые помещения приведены в таблице 10.20.

Таблица 10.20

Обозначение помещения	Наименование помещения	Обозначение системы	В работе находились кондиционеры	Параметры воздуха на входе в помещения			Фактический расход воздуха, $м^3/ч$	Параметры воздуха на выходе из помещений			Фактические теплопоступления, кВт
				t, °C	φ, %	I, кДж/кг		t, °C	φ, %	I, кДж/кг	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
АЭ128/1	Помещение УВС	UV04D01, D02	UV04D01	13,6	57,6	28,1	11 020	20,9	39,9	37,0	32,7
АЭ128/2	Помещение УВС	UV04D03, D04	UV04D04	19,2	50,4	37,5	9 130	22,0	42,1	40,2	8,2
АЭ128/3	Помещение УВС	UV04D05, D06	UV04D05	14,1	27,6	21,3	8 570	17,4	21,6	24,4	8,9
АЭ340	Помещение панелей УКТС	UV02D03-D06	UV02D03, D04	13,4	30,5	21,0	20 002	21,0	19,0	28,8	52,0
АЭ341	Помещение БПУ	UV02D01, D02, D07	UV02D01, D02	13,1	36,3	22,0	12 720	19,3	24,5	28,3	26,7
АЭ408/1	Помещение панелей УКТС I СБ	UV07D07-D09	UV07D07, D09	13,3	48,5	25,3	14 820	21,7	28,0	33,6	41,0
АЭ438/1	Помещение АКНП I комплекта						1 490	22,4	27,3	34,5	4,6
АЭ408/2	Помещение панелей УКТС II СБ	UV07D04-D06	UV07D04, D05	15,6	50,9	30,2	12 940	22,1	33,9	36,9	28,9
АЭ438/2	Помещение АКНП РПУ						1 410	23,2	31,7	38	3,7
АЭ408/3	Помещение панелей УКТС III СБ	UV07D01-D03	UV07D01, D02	14,2	56,2	28,9	13 640	22,4	34,0	37,5	39,1
АЭ438/3	Помещение АКНП II комплекта						1 560	22,7	33,0	37,6	4,5
АЭ607/1	Помещение РУСН I системы	UV09D01-D04	UV09D02, D03, D04	15,0	31,4	23,7	3 820	23,0	19,0	31,8	10,3
АЭ609/1	Помещение распредустройства, СУЗ и КД						15 240	22,9	19,2	31,7	40,6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
АЭ740/1	Помещение АБП УВС	UV09D01-D04	UV09D02, D03, D04	15,0	31,4	23,7	4 632	23,0	19,0	31,8	12,5
АЭ607/2	Помещение РУСН II системы	UV09D05-D07	UV09D05, D07	14,8	33,2	23,9	3 860	21,7	21,5	30,9	9,0
АЭ609/2	Помещение распредустройства, СУЗ и КД						13 530	22,7	20,2	31,9	36,1
АЭ607/3	Помещение РУСН III системы	UV09D08-D10	UV09D09, D10	16,6	32,6	26,6	3 520	24,6	19,5	34,8	9,6
АЭ609/3	Помещение распредустройства, СУЗ и КД						15 820	23,8	20,9	33,9	38,5
АЭ725/1	Помещение панелей АЗ	UV10D01-D03	UV10D01, D02	15,5	36,8	26,0	8 790	21,2	25,7	31,8	17,0
АЭ733	Помещение панелей СУЗ и ПЗ						6 950	21,2	25,7	31,8	13,4
АЭ725/2	Помещение панелей АЗ	UV10D04-D06	UV10D05, D06	13,3	52,3	26,2	10 270	18,8	36,8	31,8	19,2
АЭ726	Помещение панелей СГИУ						8 160	20,7	32,7	33,8	20,7

Примечания

1. Измерения были проведены в холодный период года при отключенных смежных системах вентиляции.
2. Теплопоступления в РПУ не измерялись, для дальнейших расчетов принято проектное значение 10 кВт.

Результаты измерений, приведенных в таблице 10.20, были обработаны, для дальнейших расчетов были приняты максимальные теплопоступления в помещения одинакового назначения с коэффициентом запаса 1,1, результаты расчетов приведены в таблице 10.21.

Таблица 10.21

Обозначение помещения	Фактические теплопоступления, кВт		Коэффициент запаса	Расчетные теплопоступления, кВт
	в помещении	максимальные в группе помещений		
АЭ128/1	32,7	32,7	1,1	36,0
АЭ128/2	8,2	8,2		9,0
АЭ128/3	8,9	8,9		9,7
АЭ340	52,0	52,0		57,2
АЭ341	26,7	26,7		29,4
АЭ408/1	41,0	41,0		45,1
АЭ408/2	28,9			
АЭ408/3	39,1			
АЭ438/1	4,6	4,6		5,0
АЭ438/2	3,7			
АЭ438/3	4,5			
АЭ607/1	10,3	10,3		11,3
АЭ607/2	9,0			
АЭ607/3	9,6			
АЭ609/1	40,6	40,6		44,7
АЭ609/2	36,1			
АЭ609/3	38,5			
АЭ725/1	17,0	17,0		18,7
АЭ733	13,4	13,4		14,8
АЭ725/2	19,2	19,2		21,1
АЭ726	20,7	20,7		22,7
АЭ740/1	12,5	12,5		13,8

Был выполнен анализ заводской документации на оборудование АСУТП в части требований к окружающей среде, результаты приведены в таблице 10.22.

Таблица 10.22

Обозначение помещения	Наименование оборудования АСУТП	Нормальные условия эксплуатации		Предельные условия эксплуатации	
		t, °C	φ,%	t, °C	φ,%
1	2	3	4	5	6
АЭ052	Базовый шкаф УКТС-М-Д	25±10	от 45 до 80	от 5 до 40	95
АЭ128/1	Рабочая станция ПС 5120.25	от 18 до 35	от 5 до 80	-	-
АЭ128/2	Рабочая станция ПС 5120.26	от 18 до 35	от 5 до 80	-	-
	Информационно-вычислительный комплекс «Вулкан-ППБ-7»	от 10 до 35	от 20 до 80	от 10 до 40	90

1	2	3	4	5	6
АЭ128/3	Информационно-вычислительный комплекс «Вулкан-ППБ-7»	от 10 до 35	от 20 до 80	от 10 до 40	90
	Комплекс управляющий вычислительный МСКУ-2	от 15 до 35	от 10 до 80	от 5 до 50	95
АЭ340	Базовый шкаф УКТС-М-Д	25±10	от 45 до 80	от 5 до 40	95
АЭ341	Рабочая станция ПС 5120.25	от 18 до 35	от 5 до 80	-	-
	Информационно-вычислительный комплекс «Вулкан-ППБ-7»	от 10 до 35	от 20 до 80	от 10 до 40	90
АЭ408/1-3	Базовый шкаф УКТС-М-Д	25±10	от 45 до 80	от 5 до 40	95
АЭ438/1-3	Комплекс аппаратуры АКНП-7-02	от 10 до 35	до 80	от 5 до 40	до 80
АЭ607/1-3	Комплектные трансформаторные подстанции КТП-СН-05	от минус 45 до 40	до 75	от минус 50 до 45	до 90
	Выключатели высоковольтные вакуумные ВРВ	от минус 45 до 40	до 75	от минус 50 до 45	до 90
	Устройства комплектные распределительные КГ-6С	от минус 45 до 40	до 75	от минус 50 до 45	до 90
АЭ609/1-3 АЭ740/1	Выпрямители SDC	от 0 до 40	до 75	от 0 до 40	до 95
	Инверторы WDW	от 0 до 40	до 75	от 0 до 40	до 95
	Устройства тиристорные коммутационные отключающие TDS-C	от 0 до 40	до 75	от 0 до 40	до 95
АЭ725/1, 2	Программно-технический комплекс ПТК АЗ-ПЗ:				
	ШФЗ-1, КШВ-1, ШПК-1	от 15 до 30	от 10 до 75	от 15 до 50	до 100
	РС, РМО, РМТ	от 18 до 27	от 20 до 80	от 18 до 35	до 90
АЭ726 АЭ733	Программно-технический комплекс ПТК АРМ-РОМ-УПЗ:				
	ШФЗ-3, КШВ-3, ШПК 1-2	от 15 до 30	от 10 до 75	от 15 до 50	до 100
	РС, РМО, РМТ	от 18 до 27	от 20 до 80	от 18 до 35	до 90
Примечание – в решении [232] были приведены обозначения и наименования заводской документации, но для настоящего пособия они интереса не представляют.					

Для каждой группы помещений были построены I-d диаграммы процессов смешения воздуха от систем вентиляции и кондиционирования воздуха, обработки воздуха в автономных кондиционерах.

Было принято значение номинального объемного расхода воздуха автономного кондиционера 5000 $м^3$/ч по следующим причинам:

- возможности транспортирования в кабине лифта и по коридорам РО;
- повышения надежности систем кондиционирования воздуха;
- возможности ступенчатого регулирования холодопроизводительности систем кондиционирования воздуха путем включения и отключения кондиционеров.

Построим в I-d диаграмме влажного воздуха (рис. 10.7) процессы в РПУ и автономном кондиционере системы UV01 при экстремальной температуре наружного воздуха в летний период год. Аварийная приточная система вентиляции подает в помещение воздух с расходом 450 м^3/ч, состояние которого описывается точкой А.

Задаемся состоянием рециркуляционного воздуха системы кондиционирования воздуха UV01, описываемым точкой В. Состояние смеси приточного воздуха аварийной системы и рециркуляционного воздуха системы UV01 описывается точкой С. Температура на поверхности испарителя описывается точкой Е, температура воздуха на выходе из кондиционера – точкой D. Охлажденный воздух системы UV01 подается в обслуживаемое помещение, в котором нагревается до состояния, описываемого точкой В.

Параметры точек на рис. 10.7 приведены в таблице 10.23.

Таблица 10.23

Параметр и единица измерения	Значение в точке				
	A	B	C	D	E
Температура, °С	41,0	23,0	24,6	14,3	11,7
Относительная влажность,%	32	50	48	86	100
Влагосодержание, г/кг	15,9	9,0	9,6	9,0	8,8
Удельная энтальпия, кДж/кг	82,3	46,0	49,3	33,9	33,9
Расход воздуха, м^3/ч	450	4 550	5 000	5 000	5 000
Холодопроизводительность общая, кВт				20,3	
Холодопроизводительность по явному теплу, кВт				14,9	

Построим в I-d диаграмме влажного воздуха (рис. 10.8) процессы в обслуживаемом помещении и автономном кондиционере при экстремальной температуре наружного воздуха в зимний период года. Аварийная приточная система забирает наружный воздух, состояние которой описывается точкой А, нагревает до состояния, описываемого точкой В и подает в помещение.

Задаемся состоянием рециркуляционного воздуха системы UV01, описываемым точкой F. Состояние смеси приточного воздуха аварийной системы и рециркуляционного воздуха системы UV01 описывается точкой С. Температура на поверхности испарителя описывается точкой Е, температура воздуха на выходе из кондиционера – точкой D. Охлажденный воздух системы UV01 подается в обслуживаемое помещение, в котором нагревается до состояния, описываемого точкой С.

Параметры точек на рис. 10.8 приведены в таблице 10.24.

Таблица 10.24

Параметр и единица измерения	Значение в точке					
	A	B	C	D	E	F
Температура, °С	-34,0	22,0	22,0	21,6	13,7	22,0
Относительная влажность,%	15	0,1	36	41	62	40
Влагосодержание, г/кг	0,1	0,1	6,1	6,7	6,1	6,7
Удельная энтальпия, кДж/кг	-34,0	22,3	37,8	38,9	29,3	39,3
Расход воздуха, м^3/ч	450	450	5 000	5 000	5 000	4 550
Холодопроизводительность системы UV01 общая, кВт					14,1	
Холодопроизводительность системы UV01 по явному теплу, кВт					14,1	

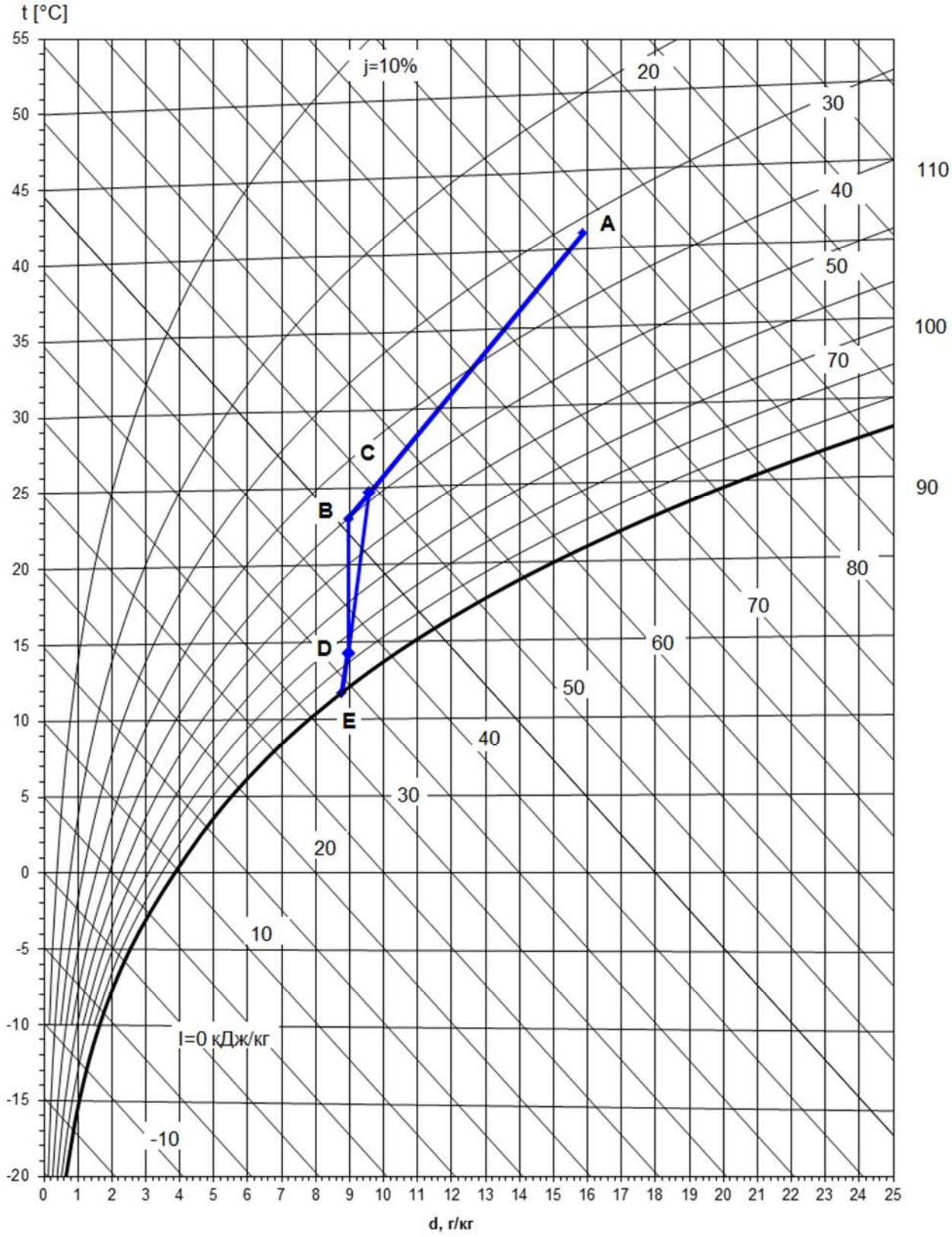


Рисунок 10.7 – Смешение воздуха от систем вентиляции и кондиционирования воздуха в помещении АЭ052 в теплый период года

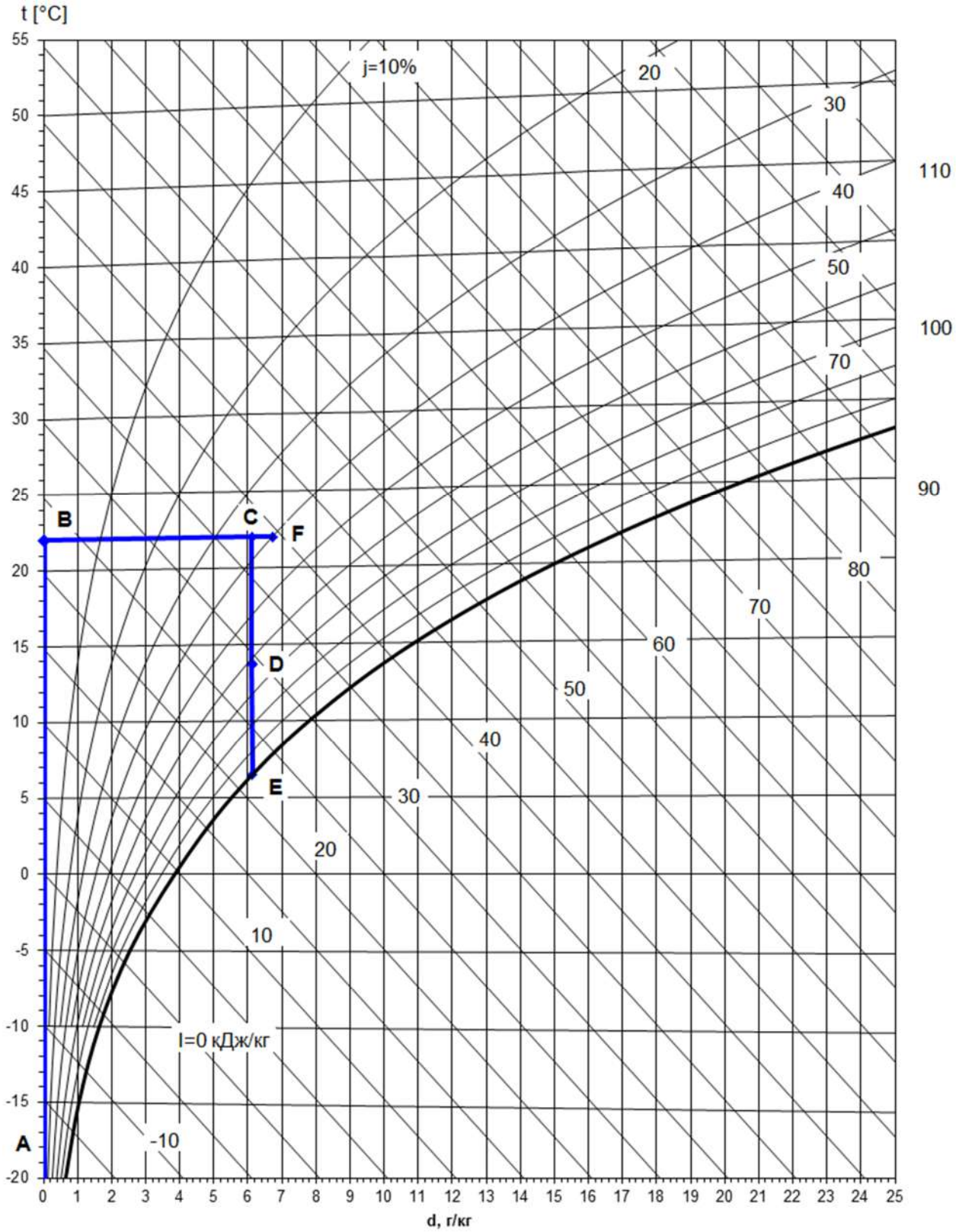


Рисунок 10.8 – Смешение воздуха от систем вентиляции и кондиционирования воздуха в помещении АЭ052 в холодный период года

Количество работающих автономных кондиционеров принято предварительно таким, чтобы значение холодопроизводительности одного кондиционера по явному теплу было не более 20 кВт. Полученные при расчете значения холодопроизводительности пересчитаны на стандартную температуру на входе автономного кондиционера 27 °С по формуле (13.6) и приведены в таблице 10.25.

Таблица 10.25

Обозначение системы кондициони-рования воздуха	Период года	Температура рециркуляционного воздуха, °С	Холодопроизводительность автономного кондиционера по явному теплу, кВт, при температуре рециркуляционного воздуха	
			по расчету	27 °С
UV04	теплый	23,5	14,9	17,0
	холодный	24,0	14,5	16,2
UV02	теплый	28,1	13,4	12,9
	холодный	22,0	14,1	17,1
UV01	теплый	24,6	14,9	16,3
	холодный	22,0	14,1	17,1
UV09	теплый	29,8	15,1	13,8

Из таблицы 10.25 видно, что максимальное значение холодопроизводительности автономного кондиционера по явному теплу при стандартной температуре входящего воздуха 27 °С равно 17,1 кВт.

По формуле (13.6) определено значение холодопроизводительности автономного кондиционера по явному теплу при других параметрах рециркуляционного воздуха, результаты показаны в таблице 10.26.

Таблица 10.26

Параметр и единица измерения	Температура воздуха перед испарителем, °С		
	18 °С	27 °С	35 °С
Холодопроизводительность, кВт	11,7	17,1	21,9

Для каждой системы кондиционирования воздуха выполнен проверочный расчет и определена расчетная холодопроизводительность автономного кондиционера, пример расчета параметров системы UV01 приведен в таблице 10.27.

Таблица 10.27

Параметр и единица измерения		Значение
Обозначение системы		UV01
Количество работающих кондиционеров		1
Расход воздуха фактический, $м^3/ч$		5000
Коэффициент рабочего времени		1
Обслуживаемое помещение		АЭ052
Параметры системы кондиционирования воздуха:	Объемный расход воздуха на помещение, $м^3/ч$	5000
	Температура приточного воздуха, °С	15,6
	Массовый расход воздуха, кг/с	1,70
Приточная система вентиляции:	Объемный расход воздуха на помещение, $м^3/ч$	450
	Температура приточного воздуха, °С	41,0
	Массовый расход воздуха, кг/с	0,14
Всего по помещению:	Температура смеси приточного воздуха, °С	17,5
	Массовый расход воздуха, кг/с	1,84
	Температура рециркуляционного воздуха	22,9
Расчетная холодопроизводительность автономного кондиционера, кВт		12 548

Параметры всех систем кондиционирования воздуха, подлежащих модернизации, приведены в сводной таблице 10.28.

Таблица 10.28

Помещение	Тепло-поступления, кВт	Обозначение СКВ	Установлено кондиционеров	Режим нормальной эксплуатации						Режим обесточения					
				Кол-во кондиционеров в работе	Коэфф. рабочего времени	Тепловая нагрузка на кондиционеры, кВт	Температура воздуха, °С			Кол-во кондиционеров в работе	Коэфф. рабочего времени	Тепловая нагрузка на кондиционеры, кВт	Температура воздуха, °С		
							приточного (смеси)	рециркуляционного	допускаемая в помещении				приточного (смеси)	рециркуляционного	допускаемая в помещении
АЭ052	10,0	UV01	3	-	-	-	-	-	-	1	1,0	12,6	17,5	22,9	28
АЭ128/1	36,0	UV04D01-D06	12	5	1,0	67,0	15,7	23,3	25	4	1,0	54,6	15,7	23,7	28
АЭ128/2	9,0							23,8	25					23,5	
АЭ128/3	9,7							24,2	25					24,1	
АЭ340	57,2	UV02D03-D06	8	4	1,0	60,4	20,8	27,9	35	4	1,0	57,2	17,9	26,4	40
АЭ341	29,4	UV02D01, D02, D07	6	3	0,9	34,1	18,0	23,1	25	3	1,0	41,3	20,3	25,3	28
АЭ408/1	45,1	UV07D07-D09	6	4	1,0	55,3	17,5	24,0	35	3	1,0	50,1	19,5	29,4	40
АЭ438/1	5,0						18,4	24,3					19,5		
АЭ408/2	45,1	UV07D04-D06	6	4	1,0	53,7	16,6	23,3		3	1,0	50,1	19,5	29,4	
АЭ438/2	5,0						17,9	23,8					19,5		
АЭ408/3	45,1	UV07D01-D03	6	4	1,0	55,3	17,5	24,0		3	1,0	50,1	19,5	29,4	
АЭ438/3	5,0						18,4	24,3					19,5		
АЭ607/1	11,3	UV09D01А, D02А, D03, D04	6	4	1,0	59,9	22,8	26,2	40	4	1,0	56,0	16,5	23,2	45
АЭ609/1	44,7						19,5	26,2					16,5	24,8	40
АЭ740/1	13,8	UV09D01Б, UV09D02Б	2	1	1,0	14,7	20,5	27,1		1	1,0	13,8	16,0	24,0	
АЭ607/2	11,3	UV09D05-D07	6	4	1,0	59,5	22,6	26,0		4	1,0	56,0	16,5	23,2	45
АЭ609/2	44,7						19,4	26,0					16,5	24,8	40
АЭ607/3	11,3	UV09D08-D10	6	4	1,0	59,9	22,8	26,2		4	1,0	56,0	16,5	23,2	45
АЭ609/3	44,7						19,5	26,2					16,5	24,8	40
АЭ725/1	18,7	UV10D01-D03	6	3	0,9	37,3	18,3	24,7	27	3	0,8	33,5	18,0	25,3	35
АЭ733	14,8						18,5	23,4					18,0	23,4	
АЭ725/2	21,1	UV10D04-D06	6	3	1,0	45,4	19,0	26,2		3	1,0	43,8	17,2	25,5	
АЭ726	22,7						19,0	26,8					17,2	25,6	

Выполнено сравнение количества автономных кондиционеров, которые необходимо ввести в работу, и которых можно ввести в работу при выводе из работы одного канала СБ, результаты приведены в таблице 10.29.

Таблица 10.29

Система	Всего кондици-онеров	Необходимое количество работающих кондиционеров в режиме		Количество кондиционеров, которые возможно включить при выводе из работы канала СБ		
		НЭ	обесточения	I	II	III
UV01	3	-	1	2	2	2
UV04D01-D06	12	5	4	6	6	12
UV02D03-D06	8	4	4	8	4	4
UV02D01, D02, D07	6	3	3	4	4	4
UV07D07-D09	6	4	3	-	6	6
UV07D04-D06	6	4	3	6	-	6
UV07D01-D03	6	4	3	6	6	-
UV09D01A, D02A, D03, D04	6	4	4	-	6	6
UV09D01Б, UV09D02Б	2	1	1	-	2	2
UV09D05-D07	6	4	4	6	-	6
UV09D08-D10	6	4	4	6	6	-
UV10D01-D03	6	3	3	3	3	6
UV10D04-D06	6	3	3	6	3	3

Из таблицы 10.29 видно, что при выводе одного канала СБ в ремонт группы автономных кондиционеров систем UV07, UV09, обслуживающие помещения этого канала СБ, работать в режиме охлаждения не могут. Причины этого и компенсирующие мероприятия приведены в 6.1 настоящего пособия.

Выполнено сравнение расхода технической воды группы «А»: проектного, фактического и расчетного после проведения модернизации систем кондиционирования воздуха, результаты приведены в таблице 10.30.

Таблица 10.30

Расход технической воды, $м^3/ч$	Канал системы техводоснабжения		
	VF10	VF20	VF30
Проектный	102,8	111,8	84,8
Фактический	89,9	76,8	67,4
Расчетный после проведения модернизации	117,0	139,5	99,0

Максимальная масса заправленного хладона в один автономный кондиционер на основании анализа действующих ТУ была принята 10 кг.

Расчет аварийной концентрации хладона при его выбросе в помещения приведен в таблице 10.31.

Таблица 10.31

Система	Заправка хладона в кондиционер, г	Дополнительная заправка хладоном трубопроводов, г/м	Максимальная длина трубопроводов, м	Суммарная заправка хладона, г	Помещение с минимальным объемом		Аварийная концентрация хладона, г/м^3
					обозначение	объем, м^3	
UV01	10 000	195	10	11 950	АВ052	360	33
UV04D01-D04		0	0	10 000	АВ051/3	135	74
UV04D05А, UV04D06А					АВ051/3	135	74
UV04D05Б, UV04D06Б					АВ051/3	135	74
UV02D03-D06					АВ051/3	155	65
UV02D01, D02, D07					АВ349	45	222
UV09D01Б, UV09D02Б		195	10	11 950	АВ734/4	110	109
UV09D01А, D02А, D03, D04		0	0	10 000	АВ734/4	110	91
UV09D05-D07					АВ734/3	120	83
UV09D08-D10					АВ734/1	125	80
UV10D01-D03					АВ734/5	100	100
UV10D04-D06					АВ734/2	90	111

Приведенные выше расчеты позволили доказать надзорному органу возможность модернизации систем кондиционирования воздуха АСУТП.

10.6 Разработка ремонтной документации

Для качественного проведения ремонта оборудования необходим один из видов ремонтной документации: технологическая документация на проведение регламентного технического обслуживания и ремонта оборудования согласно [233] или ТУ на ремонт оборудования согласно [234].

В 5.6 [233] указано, что разработчиками технологической документации на ТОиР оборудования являются конструкторские организации, организации-разработчики (изготовители) оборудования, филиалы Концерна – действующие АС, специализированные организации, поставщики оборудования, имеющие соответствующую лицензию.

В 5.7 [233] указано, что технологическую документацию на ТОиР оборудования разрабатывают на основании конструкторской документации организации-разработчика (изготовителя) систем и оборудования, включающей сборочный чертеж оборудования со спецификацией и другую эксплуатационную документацию.

В 5.3 [234] указано, что разработчиками ТУ на ремонт могут являться конструкторские организации, организации-разработчики (изготовители), поставщики оборудования, специализированные организации.

В 5.4 [234] указано, что ТУ на ремонт разрабатывают на основании конструкторской документации, ТУ на оборудование и другой эксплуатационной документации.

Из приведенных выше требований видно, что для разработки качественной ремонтной документации необходимо располагать конструкторской документацией организации-разработчика (изготовителя) оборудования для того, чтобы персоналу АС можно было:

– описать технологический процесс разборки, дефектации, замены деталей и сборочных единиц, сборки изделия;

– указать заводские обозначения запасных частей и материалов.

А конструкторская документация является собственностью организации-разработчика (изготовителя) оборудования и предоставление ее Заказчику возможно только по договору (контракту).

Таким образом, лучшим способом получить качественную ремонтную документацию является включение в ТЗ на закупку оборудования в раздел «Требования по правилам сдачи и приемки» в виде обязательной сопроводительной документации технологической документации на ТОиР или ТУ на ремонт оборудования.

Пример чертежей общего вида клапанов противопожарных и дымовых, соответствующие спецификации из [235] приведен в приложении П настоящего пособия. При необходимости можно будет на их основании заказать на предприятии-изготовителе запасные части и материалы для ремонта изделий.

10.7 Об устранении замечаний к разработанным документам

Замечания к разработанным документам могут быть самые разные в зависимости от должности нормоконтролера, руководителя или эксперта, а устранение замечаний – стандартной инженерной задачей.

Проще всего устранить необоснованные замечания.

Например, при согласовании решения о замене воздухоохладителей на системах охлаждения гермооболочки эксперты ГНТЦ ЯРБ выдали замечание и требование:

– о повышении категории сейсмостойкости воздухоохладителей систем TL01, TL04, TL05 по [128] с II на I;

– или о замене арматуры с ручным приводом на трубопроводах подачи технической воды группы «А» на воздухоохладители систем TL01, TL04, TL05 на электроприводную арматуру с дистанционным управлением с БПУ и РПУ.

В техническом заключении о замечаниях к решению было указано:

– в ТУ на воздухоохладители указано, что они сохраняют работоспособность и выполняют свои функции в условиях нормальной эксплуатации в сочетании с сейсмическими воздействиями до МРЗ включительно;

– назначение в классификаторе категории сейсмостойкости II воздухоохладителям не означает, что они выдерживают сейсмическое воздействие силой до ПЗ включительно и могут разрушиться при МРЗ;

– предложение об установке электроприводной арматуры на трубопроводах технической воды группы «А» необоснованно, более того, ее установка может снизить надежность работы систем охлаждения гермооболочки при наличии дефектов арматуры, кабелей, аппаратуры электроснабжения и управления, обесточения сборок.

Указанное замечание было снято.

Вот еще один пример.

При согласовании решения о модернизации систем вентиляции, обслуживающих помещения АБ, государственный пожарный надзор выдал замечание об отсутствии в помещениях АБ наружных легкосбрасываемых ограждающих конструкций.

Действительно, согласно 2.42 [236], в помещениях категорий А и Б следует предусматривать наружные легкосбрасываемые ограждающие конструкции (остекление окон и фонарей, покрытия из стальных, алюминиевых и асбестоцементных листов и эффективного утеплителя).

Согласно 1.5.1, 1.8 [237], конструкции РО необходимо рассчитывать с учетом следующих особых воздействий: МРЗ, воздушной ударной волны, падения самолета, что делает невозможным выполнение в помещениях АБ наружных легкосбрасываемых ограждающих конструкций.

Очевидны противоречия в нормативных документах, в техническом заключении о замечаниях государственного пожарного надзора это было указано.

Так как замечания государственного пожарного надзора не относились к предмету решения, они были сняты.

11 Разработка технических заданий на закупку оборудования и материалов

11.1 Общие требования

Разработка указанной документации является неотъемлемой частью инженерной работы, к ней следует относиться ответственно. Конечно, ни один документ не разрабатывается с нуля, используются ранее разработанные ТЗ и доступные ТУ.

Далее приведены примеры ТЗ на отдельные виды оборудования, отдельно показано, какие технические требования являются лишними.

В ТЗ должны быть указаны независимо от вида оборудования:

– класс безопасности и категория сейсмостойкости;

– обязательные требования нормативных документов, которые распространяются на данный вид оборудования;

– сведения о месте установки оборудования;

– максимальный размер одного узла для возможности транспортировки на место установки оборудования (при невозможности транспортировке в сборе);

– максимальная установленная мощность электрооборудования;

– требования к расположению патрубков для входа и выхода воздуха и других сред;

– требования к креплению оборудования к строительным конструкциям;

– требования к средствам контроля и управления;

– требования к ремонтопригодности;

– параметры окружающей среды в месте установки оборудования;

– требования пожарной безопасности и электробезопасности;

– показатели надежности;

– требования к маркировке, консервации, упаковке, условия транспортирования и хранения;

– требования к СМР и ПНР;

– требования к документации, передаваемой Заказчику;

– гарантийные обязательства Поставщика (Производителя);

– требования об обучении персонала Заказчика.

В ТЗ должны быть указаны технические требования согласно таблице 11.1 независимо от вида оборудования.

Таблица 11.1

Технические требования	Обоснование
Общие требования к конструкции	
Конструкция оборудования не должна усложнять его дезактивацию после загрязнений радиоактивными веществами при общей радиационной аварии: − съемные панели и люки должны обеспечивать доступ персонала ко всем узлам и деталям; − не должно быть мест, в которых могут накапливаться радиоактивные вещества; − не должно быть мест, недоступных для воздействия струй дезактивирующего раствора	Опыт эксплуатации
Должна быть обеспечена пожарная безопасность оборудования за счет применения негорючих и трудногорючих материалов	Статья 49 [48]
Температура подшипников электродвигателей должна быть не более 100 °С (при наличии электродвигателей)	5.5.17 [238]

Технические требования	Обоснование
Электрическое сопротивление изоляции электрооборудования должно соответствовать требованиям ПУЭ	Таблица 1.8.8 [168]
Значение сопротивления между заземляющим болтом (винтом, шпилькой) и каждой доступной прикосновению металлической нетоковедущей частью изделия, которая может оказаться пол напряжением, не должно превышать 0,1 Ом (при наличии электрооборудования)	3.3.7 [81]
Электрооборудование должно быть выполнено со степенью защиты не ниже IP44 по [82] (при наличии электрооборудования)	Таблица 7.4.1 [168]
Лакокрасочные покрытия поверхностей оборудования должны быть устойчивы к воздействию дезактивирующих растворов одной из композиций по приложению 7 [131] с последующей промывкой конденсатом	Опыт эксплуатации

11.2 О взаимозаменяемости оборудования

Взаимозаменяемость оборудования является стандартным требованием, включаемым в ТЗ и ТУ. Для разработчика и производителя оборудования это требование означает, что предельные отклонения от номинальных габаритных и присоединительных размеров или классы допусков по [239] следует назначать такие, чтобы не требовалась подгонка присоединяемых элементов по месту.

Вот, например, аэрозольные фильтры типа Д-23кл и аналоги имеют габаритные размеры: $(636 \pm 1{,}5) \times 610^{+1{,}0}_{-1{,}8} \times 572^{+4}$ мм.

И наличие неизбежных отклонений от номинальных габаритных размеров в допускаемых пределах не мешает их установке в корпуса Ду350 и приспособления ПСФ-У-3.

Рассмотрим возможность взаимозаменяемости адсорберов угольных АУ-1500 производства БЭМЗ (см. рис. 8.56).

Высота корпуса адсорбера угольного указана 800_{-10} мм, а размеры высоты осей входного и выходного патрубков приведены со звездочкой.

Согласно 1.3, 1.4 [240], размеры, не подлежащие выполнению по данному чертежу и указываемые для большего удобства пользования чертежом, называются справочными. Справочные размеры на чертеже отмечают знаком «*».

На Запорожской АЭС при монтаже колонок, например, из четырех адсорберов угольных, устанавливаемых один на другой:

– суммарная высота колонок находится в пределах от 3160 мм до 3200 мм;

– высота оси входных и выходных патрубков для каждого адсорбера угольного индивидуальна.

На блоках сначала монтировались колонки из адсорберов угольных, затем на входные и выходные патрубки устанавливались прокладки, ответные фланцы с участками воздуховодов и хомуты, после чего участки воздуховодов приваривались к коллекторам по месту.

Конечно, ни о какой взаимозаменяемости адсорберов угольных не могло быть и речи, да в то время она и не требовалась.

В настоящее время требование о взаимозаменяемости адсорберов угольных в ТЗ указывать можно, для чего в ТЗ следует включить чертеж общего вида изделия с указанием номинальных размеров высоты корпуса и осей патрубков, а также предельных отклонений от них, как, например, на рис. 13.2, 13.3, 13.4.

Но учтите, что требование о взаимозаменяемости адсорберов угольных распространяется только на изделия, изготовленные в соответствии с ТЗ, в т.ч. и на следующие партии.

Для замены адсорберов угольных производства БЭМЗ на взаимозаменяемые изделия необходима замена участков воздуховодов, возможно, еще и участков коллекторов.

11.3 О стойкости оборудования к внешним механическим воздействиям

Требования ТЗ на оборудование в части стойкости к внешним механическим воздействиям и принятые в ТУ методики испытаний описаны на примере передвижной фильтровентиляционной установки (см. рис. 8.69).

ПФВУ относится к элементам III категории сейсмостойкости по [128] и при эксплуатации подвергается внешним механическим воздействиям. В ТЗ на ПФВУ было указано, что номинальные рабочие значения механических внешних воздействующих факторов – по [241] для группы механического исполнения М43.

В ТУ были предусмотрены испытания на стойкость к внешним механическим воздействиям согласно [242]:

– на воздействие ударов при свободном падении (метод 115-1) путем трехкратного сбрасывания ПФВУ на горизонтальную бетонную поверхность с высоты (0,1±0,02) м;

– на отсутствие опрокидывания при нажатии на изделие (метод 119.2-2) проводились путем трехкратного приложения к входным патрубкам фильтров аэрозольных усилия (250±20) Н в горизонтальном направлении.

После окончания испытаний:

– при внешнем осмотре не обнаружены механические повреждения;

– при приложении усилия к входным патрубкам фильтров аэрозольных не происходило отрыва опорных точек основания изделий от поверхности, с которой они соприкасаются;

– электрическая прочность изоляции электродвигателей и силовых цепей после испытаний соответствовала требованиям ТУ.

Таким образом, испытания подтвердили стойкость ПФВУ к внешним механическим воздействиям.

11.4 Разработка технического задания на закупку вентиляторов

Перечень параметров вентиляторов приведен в таблице 11.2.

Таблица 11.2

В компетенции Заказчика	В компетенции Изготовителя
Номинальный объемный расход воздуха	Марка электродвигателя
Номинальное полное давление воздуха	Мощность и частота вращения электродвигателя
Тип (радиальный, осевой, канальный)	
Диаметр рабочего колеса	
Положение спирального корпуса (для радиального вентилятора)	
Конструктивная схема по соответствующему стандарту (с указанием стандарта)	
Максимальная мощность электродвигателя	
Параметры системы электроснабжения	
Предел огнестойкости (для систем вытяжной противодымной вентиляции)	
Уровень взрывозащиты по [89]	

Конструктивную схему вентилятора следует указывать в соответствии с действующим стандартом.

11.5 Разработка технического задания на закупку воздухонагревателей

Перечень параметров воздухонагревателей приведен в таблице 11.3.

Таблица 11.3

В компетенции Заказчика	В компетенции Изготовителя
Номинальный объемный расход воздуха	Материал оребрения
Номинальная теплопроизводительность	Диаметр трубок и оребрения
Расчетная температура воздуха на входе и выходе	Шаг трубок и оребрения
Расчетная температура сетевой воды на входе и выходе	Количество ходов
Предельно допускаемое давление сетевой воды	
Качество сетевой воды	
Номер по [78]	

Рекомендуется указывать в ТЗ требование о предоставлении информации о:

– площади оребренной поверхности;

– площади живого сечения по воздуху;

– площади живого сечения по воде;

– показателей степени в формуле определения коэффициента теплопередачи воздухонагревателя.

Обоснование приведено в 8.2.1, 10.2.6 настоящего пособия.

11.6 Разработка технического задания на закупку воздухонагревателей с электрическим нагревом

Перечень параметров воздухонагревателей с электрическим нагревом приведен в таблице 11.4.

Таблица 11.4

В компетенции Заказчика	В компетенции Изготовителя
Номинальный объемный расход воздуха	Материал оребрения
Номинальная теплопроизводительность	Диаметр ТЭН и оребрения
Расчетная температура воздуха на входе и выходе	Шаг ТЭН и оребрения
Параметры системы электроснабжения	Количество и мощность ТЭН
Способ регулирования температуры (ступенчатый или плавный)	
Температура поверхности ТЭН или воздуха, при которой воздухонагреватель должен аварийно отключаться	
Наличие шкафа управления	
Класс защиты электрооборудования	
Габаритные и присоединительные размеры	

11.7 Разработка технического задания на закупку воздухоохладителей

Перечень параметров воздухоохладителей приведен в таблице 11.5.

Таблица 11.5

В компетенции Заказчика	В компетенции Изготовителя
Номинальная холодопроизводительность при значениях:	Материал оребрения
– номинального объемного расхода воздуха;	Диаметр трубок и оребрения
– температуры охлаждаемого воздуха;	Шаг трубок и оребрения
– температуры охлаждающей воды;	Количество ходов
– номинального расхода охлаждающей воды	

В компетенции Заказчика	В компетенции Изготовителя
Предельно допускаемый перепад давления воздуха при значении номинального объемного расхода воздуха	
Предельно допускаемый перепад давления воды при значении номинального объемного расхода воды	
Предельно допускаемое давление рабочей воды	
Качество рабочей воды	
Материал трубок	

Рекомендуется указывать в ТЗ требование о предоставлении информации о:

– площади оребренной поверхности;

– площади живого сечения по воздуху;

– площади живого сечения по воде;

– показателей степени в формуле определения коэффициента теплопередачи воздухоохладителя.

Обоснование приведено в 8.2.3, 10.2.6 настоящего пособия.

11.8 Разработка технического задания на закупку кондиционеров автономных

Перед разработкой ТЗ на закупку кондиционеров автономных должны быть обоснованы их параметры согласно 8.7 и 10.5 настоящего пособия.

В ТЗ должны быть указаны:

– категория взрывопожарной и пожарной опасности обслуживаемых помещений;

– расчетные параметры среды (диапазон температуры и относительной влажности воздуха) в обслуживаемых помещениях;

– номинальный объемный расход воздуха;

– запас полного давления воздуха;

– номинальная холодопроизводительность по явному теплу;

– требования к классу фильтров по [14];

– марка хладагента (если на АС имеются автономные кондиционеры и/или холодильные машины, чтобы уменьшить номенклатуру хладагентов);

– параметры системы технического водоснабжения;

– параметры системы электроснабжения;

– требования к блокировкам АПС и АСП;

– максимальные габариты и масса;

– требования к подтверждению соответствия требованиям технических регламентов;

– требования к испытаниям и приемке;

– требования к метрологическому обеспечению.

11.9 Разработка технического задания на закупку кондиционеров центральных

В ТЗ должны быть указаны:

– рециркуляция воздуха разрешена или запрещена;

– категория взрывопожарной и пожарной опасности обслуживаемых помещений;

– расчетные параметры наружного воздуха;

– нормируемые параметры среды (диапазон температуры и относительной влажности воздуха, минимальное избыточное давление воздуха) в обслуживаемых помещениях;

– номинальный объемный расход воздуха;

– расчетные параметры воздуха, подаваемого в обслуживаемые помещения;

– потери давления воздуха в приточном и рециркуляционном воздуховодах;

– требования к классу фильтров по [14];

– параметры систем тепло- и холодоснабжения;
– параметры системы электроснабжения;
– параметры системы хозяйственно-питьевого водоснабжения;
– требования к подтверждению соответствия требованиям технических регламентов;
– требования к испытаниям и приемке;
– требования к метрологическому обеспечению.

В качестве примера рассмотрим проект ТЗ на центральные кондиционеры для модернизации системы кондиционирования воздуха UV06 (рабочая документация к тому времени была разработана).

Принципиальная схема системы UV06 приведена на рис. 11.1.

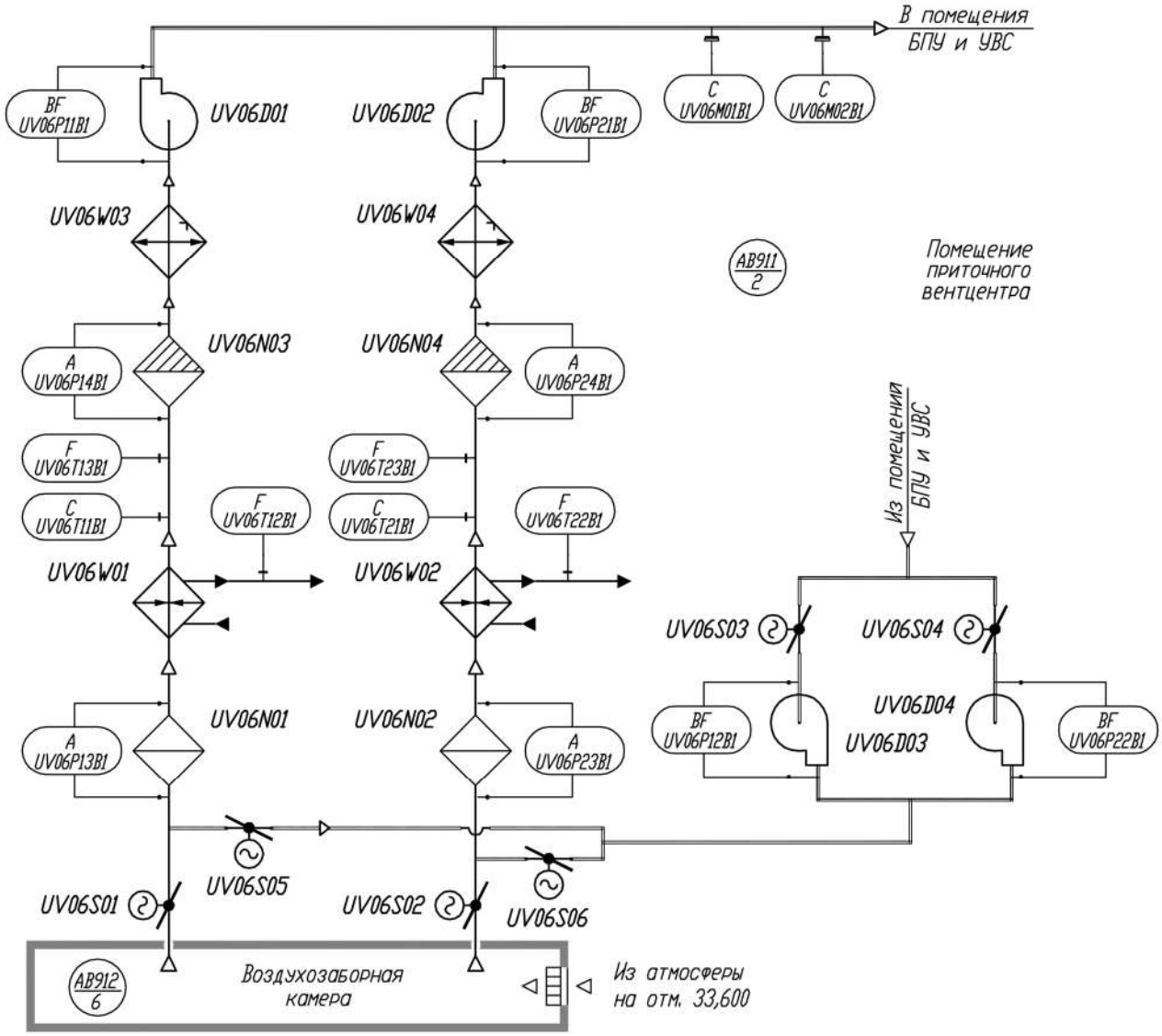


Рисунок 11.1 – Принципиальная схема системы UV06 для ТЗ на центральные кондиционеры

Обслуживаемые помещения расположены в ЗСД, категория пожарной опасности Д.

Технические характеристики системы UV06 в соответствии с рабочей документацией приведены в таблице 11.6.

Таблица 11.6

Наименование параметра и единица измерения	Значение	Примечание
Характеристики центральных кондиционеров:		
Объемный расход воздуха вентилятора, $м^3/ч$	12 000	
Потери давления воздуха в приточном воздуховоде, Па	800	

Наименование параметра и единица измерения	Значение	Примечание
Установленная мощность электродвигателя, кВт	11	
Характеристики рециркуляционных вентиляторов:		
Объемный расход воздуха вентилятора, $м^3$/ч	8000	
Потери давления воздуха в рециркуляционном воздуховоде, Па	800	
Установленная мощность электродвигателя, кВт	5,5	

Параметры воздуха в обслуживаемых помещениях:

- температура – от 22 °С до 24 °С по [35];
- относительная влажность – от 40% до 60% по [35];
- избыточное давление – не менее 20 Па по [136].

Расчетные параметры наружного воздуха (параметры Б) приведены в таблице 1.12.

Система кондиционирования воздуха UV06 должна работать круглосуточно и круглогодично с постоянным расходом приточного и рециркуляционного воздуха. Рабочей документацией предусмотрен 100% резерв по оборудованию.

Класс безопасности системы UV06 по [9] – 4, категория сейсмостойкости по [128] – III, классификационное обозначение по [9] – 4Н.

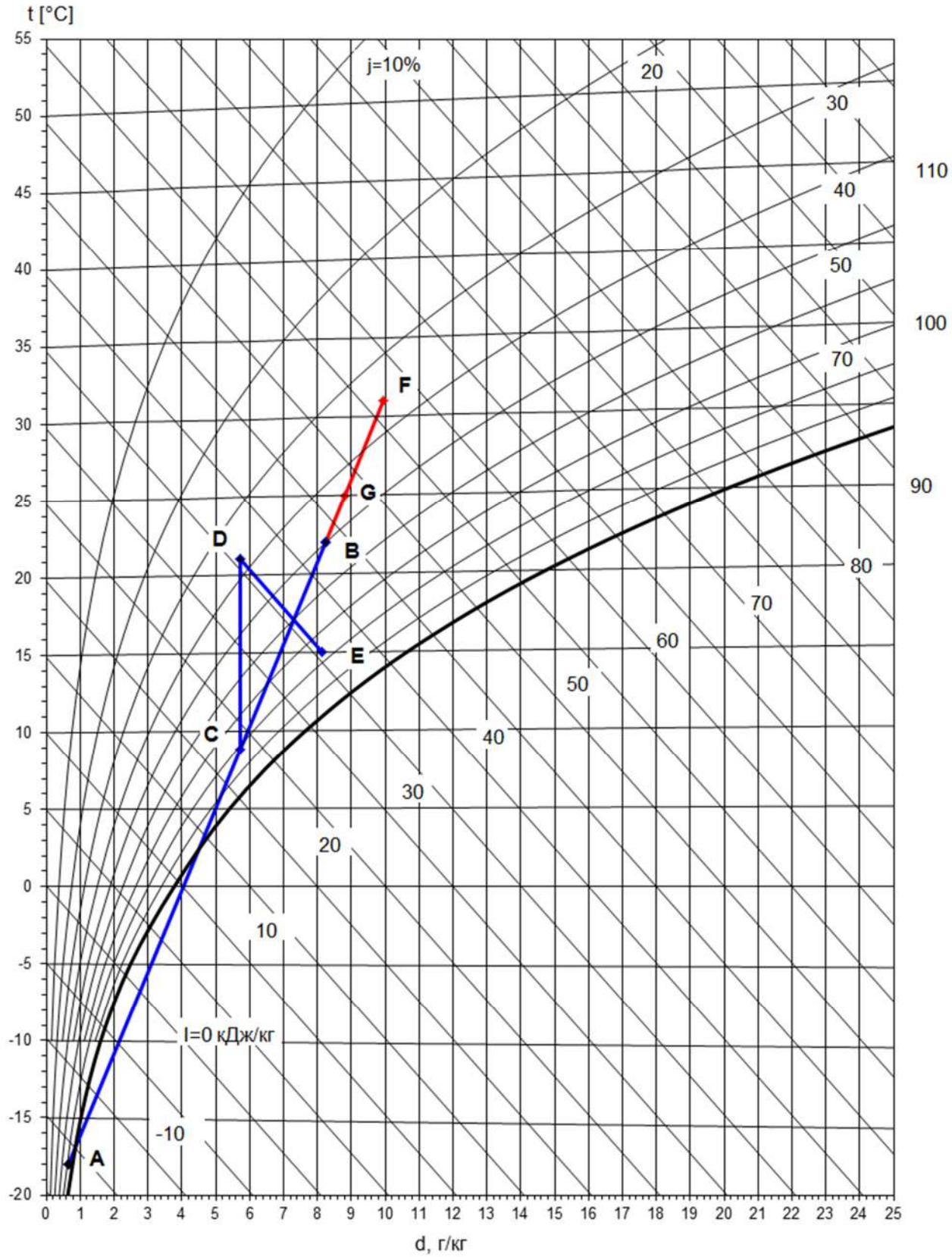
Процессы обработки воздуха в I-d диаграмме для теплого и холодного периода года показаны на рис. 11.2, параметры воздуха в характерных точках приведены в таблице 11.7.

В холодный период года смесь наружного и рециркуляционного воздуха нагревается в воздухонагревателе и увлажняется, после чего вентилятором подается в обслуживаемое помещение. В теплый период года смесь наружного и рециркуляционного воздуха вентилятором подается в обслуживаемое помещение.

Таблица 11.7

Наименование параметра и единица измерения	Значение в точках						
	A	B	C	D	E	F	G
Температура, °С	минус 18,0	22,0	8,8	21,0	15,0	31,0	25,0
Относительная влажность,%	83	50	81	37	76	35	45
Удельная энтальпия, кДж/кг	минус 16,6	43,2	23,3	35,7	35,7	56,8	47,7
Влагосодержание, г/кг	0,6	8,3	5,7	5,7	8,1	10,0	8,8

По приведенным в таблице значениям параметров воздуха в точках C, D и E предприятие-изготовитель рассчитывает теплопроизводительность воздухонагревателей и подбирает камеры увлажнения.



Условные обозначения точек: A – наружный воздух в холодный период года; B – рециркуляционный воздух из обслуживаемых помещений; C – смесь наружного и рециркуляционного воздуха в приемной секции в холодный период года; D – воздух на выходе из секции воздухонагревателя в холодный период года; E – воздух на выходе из секции увлажнения в холодный период года; F – наружный воздух в теплый период года; G – смесь наружного и рециркуляционного воздуха в приемной секции в теплый период года.

Рисунок 11.2 – Процесс обработки воздуха в центральных кондиционерах системы UV06

Остальные технические требования приведены в таблице 11.8.

Таблица 11.8

Технические требования	Обоснование
Общие требования к конструкции	
Центральные кондиционеры должны состоять из отдельных секций, собираемых на месте установки	См. рис. 11.3, 11.4, 11.5
Рециркуляционные блоки могут быть выполнены в виде моноблоков или собираться из отдельных секций	
Конструкция центральных кондиционеров должна обеспечивать: − возможность снятия фильтров грубой очистки для их регенерации или замены; − доступ к оребренной поверхности воздухонагревателей для их осмотра и очистки; − возможность снятия фильтров тонкой очистки для их замены; − возможность снятия элементов секции увлажнения для их осмотра и очистки; − доступ к электродвигателям и рабочим колесам вентиляторов их осмотра и технического обслуживания; − возможность снятия СИ и/или ТСА для их поверки/калибровки или замены.	Опыт эксплуатации
Необходимость включения промежуточных секций в состав центральных кондиционеров и рециркуляционных блоков определяет Изготовитель	На рис. 11.3 указаны максимальные размеры секций и проходов к ним
Стороны обслуживания центральных кондиционеров и рециркуляционных блоков	
На патрубках для входа и выхода воздуха должны быть установлены гибкие вставки, размер их определяет Изготовитель	Для предотвращения передачи вибрации на воздуховоды
На патрубках для входа наружного и рециркуляционного воздуха должны быть установлены клапаны воздушные с электроприводом класса утечки через закрытую заслонку по [114] – не ниже 2, при снятии напряжения клапаны должны закрываться	Требования рабочей документации
Класс фильтров грубой очистки должен быть не ниже G3 по [14], фильтров тонкой очистки – не ниже F9 по [14]	
В комплект поставки секций увлажнений должны быть включены клапаны с электроприводом (электромагнитным приводом) для установки на трубопроводе подачи питьевой воды. Клапаны должны закрываться при отключении вентиляторов или отключении электроснабжения	
Патрубки для выхода воздуха из центральных кондиционеров и рециркуляционных блоков должны быть выполнены сверху, их размер определяет Изготовитель	Требования рабочей документации
Протечки конденсата, кроме дренажных патрубков, вынос капель конденсата за пределы центральных кондиционеров не допускается	Опыт эксплуатации
Требования к надежности	
Центральные кондиционеры должны быть отнесены к классу изделий конкретного назначения, непрерывному длительному применению, отказ или переход в предельное состояние которых не приводят к последствиям катастрофического (критического) характера, восстанавливаемых; стареющих и изнашиваемых одновременно, ремонтируемых обезличенным способом, обслуживаемых и контролируемых перед применением	6.3 [243]

Технические требования	Обоснование
Номенклатура и количественные показатели надежности центральных кондиционеров и рециркуляционных блоков: − наработка на отказ – не менее 20 000 ч; − назначенный ресурс до капитального ремонта – не менее 40 000 ч; − вероятность безотказной работы в течение 10 000 ч – не менее 0,98; − среднее время восстановления работоспособного состояния – не более 24 ч	Таблица 1 [244], опыт эксплуатации
Компоновка и место расположения оборудования	
Центральные кондиционеры и рециркуляционные блоки предназначены для установки в помещении приточного вентцентра АВ911/2 на отм. 33,600 категории пожарной опасности «Д» по [50], план и разрез показаны на рис. 11.3	Требования рабочей документации
Центральные кондиционеры и рециркуляционные блоки должны устанавливаться на металлические рамы высотой 200 мм (не входят в комплект поставки). Количество анкерных болтов и их расположение определяет Изготовитель	
Параметры рабочей среды	
Центральные кондиционеры должны запитываться от системы электроснабжения нормальной эксплуатации, ток переменный трехфазный частотой (50±1) Гц с нулевым проводом, напряжение $380^{+10\%}_{-15\%}$ В	Требования рабочей документации
На воздухонагреватели подается сетевая вода из системы теплоснабжения с температурой 130/70 °С и давлением 0,48/0,28 МПа	Технические условия на подключение инженерных коммуникаций
На секцию увлажнения подается вода питьевого качества с давлением до 0,5 МПа	
Параметры окружающей среды	
Параметры окружающей среды в помещении АВ911/2: − температура – от 10 °С до 40 °С; − относительная влажность – не более 80%	Таблицы 3, 6 [189]
Требования к средствам управления	
Центральные кондиционеры и рециркуляционные блоки должны иметь выносные шкафы управления для размещения в них пускорегулирующей аппаратуры, аппаратуры управления, контроля и сигнализации	Требования рабочей документации
Пускорегулирующая аппаратура, аппаратура управления, контроля и сигнализации должна размещаться в двух шкафах управления: − с оперативным обозначением XUV06C01 – центрального кондиционера XUV06D01 и рециркуляционного блока XUV06D03; − с оперативным обозначением XUV06C02 – центрального кондиционера XUV06D02 и рециркуляционного блока XUV06D04 Примечание – X означает номер блока	Требования рабочей документации
В ТУ (ТС) или в инструкции по монтажу центральных кондиционеров должны быть указаны габариты щитов и способ их крепления к строительным конструкциям	Опыт эксплуатации

Технические требования	Обоснование
Системы управления центральных кондиционеров и рециркуляционных блоков должны выполнять следующие функции: − выбор режима «Работа», «Резерв», «Ремонт» или «Отключение»; − выбор режима «Лето», «Зима»; − в режиме «Работа»: ➢ отключение вентилятора центрального кондиционера при отключении соответствующего рециркуляционного вентилятора; ➢ АВР вентиляторов центральных кондиционеров и рециркуляционных блоков; ➢ открытие и закрытие клапанов воздушных по блокировке с вентиляторами; ➢ отключение вентиляторов центральных кондиционеров и рециркуляционных блоков при размыкании контактов в схеме АПС; ➢ защита электрооборудования от перегрузок и токов короткого замыкания, от несимметрии напряжения в фазах более 2%, от обрыва фазы или нулевого проводника; ➢ сигнализация о превышении заданного перепада давления воздуха на фильтрах	Требования рабочей документации
− в режиме «Зима» дополнительно: ➢ поддержание относительной влажности воздуха (75±5)% на выходе из центральных кондиционеров; ➢ поддержание температуры воздуха (21±1) °С после секций воздухонагревателей; ➢ защита воздухонагревателей от замораживания воды в них	Требования рабочей документации, рис. 11.2 и таблица 11.7
− в режиме «Резерв»: ➢ центральные кондиционеры и рециркуляционные вентиляторы должны быть готовы к включению по АВР; ➢ в режиме «Зима» должна быть обеспечена циркуляция сетевой воды через воздухонагреватели	Требования рабочей документации
Системы управления центральных кондиционеров и рециркуляционных блоков должны передавать информацию о состоянии оборудования во внешние системы: − сигнализация состояния «Работа» – два нормально разомкнутых контакта и разъем RS-485; − сигнализация состояния «Авария» – один нормально разомкнутых контакта и разъем RS-485	
Вентиляторам, насосам, арматуре с электроприводом и СИ или ТСА должны быть присвоены оперативные обозначения по [162], их структура должна быть такой: − вентиляторам и насосам – XUV06DYY; − арматуре с электроприводом – XUV06SYY; − СИ или ТСА, контролирующие параметры: ➢ температуру – XUV06TYY; ➢ давление – XUV06PYY; ➢ относительную влажность – XUV06MYY	Требования производственной документации
На лицевой панели шкафов управления должны быть установлены таблички с оперативными обозначениями оборудования. Маркировка типа «Вентилятор 1», «Клапан 1» и т.п. указывать запрещается	

Технические требования	Обоснование
В ТУ (ТС) или в инструкции по монтажу центральных кондиционеров и рециркуляционных блоков должны быть приведены: − схемы внешних соединений шкафов управления; − рекомендованные марки и сечение кабелей внешних соединений; − максимально допустимые значения длины кабелей от шкафов управления до СИ (ТСА)	Опыт эксплуатации
Высота расположения средств для отображения информации о параметрах центральных кондиционеров и рециркуляционных блоков должна отвечать требованиям 4.2 [120]	
Требования к изготовлению продукции	
В качестве наружного ограждения блоков и секций центральных кондиционеров должны использоваться панели из стальных оцинкованных или защищенных от коррозии листов, между которыми должна быть заложена тепловая изоляция	Опыт эксплуатации
Тепловая изоляция и уплотнители не должны выделять вредные для здоровья веществ и не образовывать питательный субстрат для микроорганизмов	
Поддоны секций увлажнения должны быть выполнены из нержавеющей стали или алюминиево-магниевых сплавов	
Каплеуловители должны быть выполнены из материалов, не содержащих источников питания для микробиологического роста	
Все части увлажнителей должны быть выполнены из материалов, стойких к коррозии	
Оценка и подтверждение качества продукции	
Поставщик (Изготовитель) должен предоставить Заказчику декларацию о соответствии центральных кондиционеров требованиям [43], [44], [46]	[40]
На упаковке или этикетке центральных кондиционеров должен быть нанесен знак соответствия согласно [40]	
Примечания 1. X обозначает номер блока, YY – порядковый номер. 2. Часть оперативных обозначений, уже включенных в рабочую документацию, приведена на рис. 11.1. 3. Порядковые номера новых СИ и/или ТСА должны продолжать номера СИ и/или ТСА, предназначенные для контроля того же параметра, указанные на рис. 11.1. 4. СИ и/или ТСА, контролирующие одновременно температуру и давление, должны иметь двойные оперативные обозначения.	

Остальные технические требования стандартные.

В ТЗ включены сведения о месте установки оборудования:

– план на отм. 33,600;

– разрез по секциям центрального кондиционера и воздухозаборной камере.

На плане и разрезе (рис. 11.3) показаны ближайшие строительные конструкции, существующие воздуховоды, перемещение которых невозможно, проемы в воздухозаборной камере, возможные места установки и максимальные размеры секций центральных кондиционеров и шкафов управления.

По рис. 11.3 предприятие-изготовитель может определить стороны обслуживания центральных кондиционеров, необходимость установки промежуточных секций для доступа к отдельным узлам оборудования.

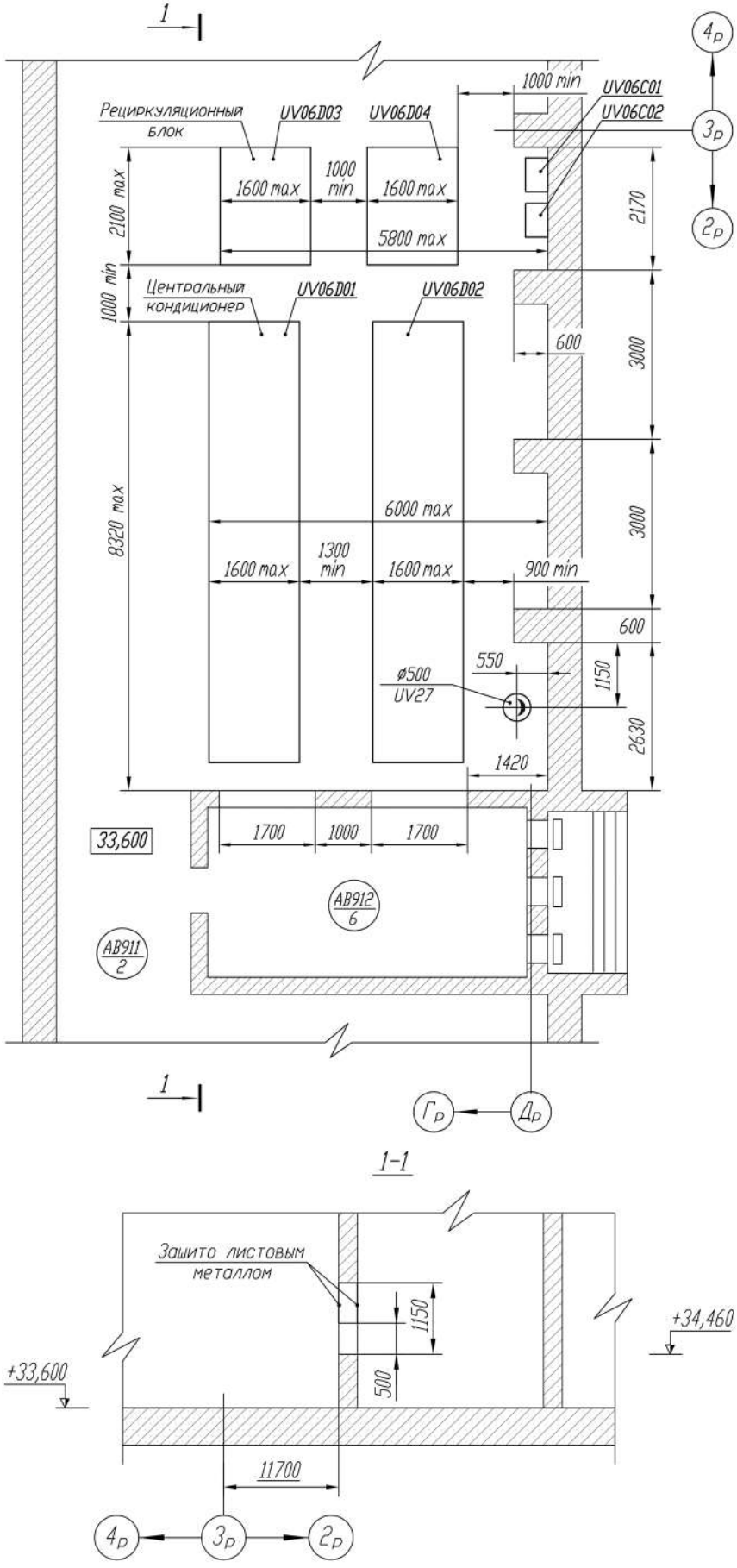
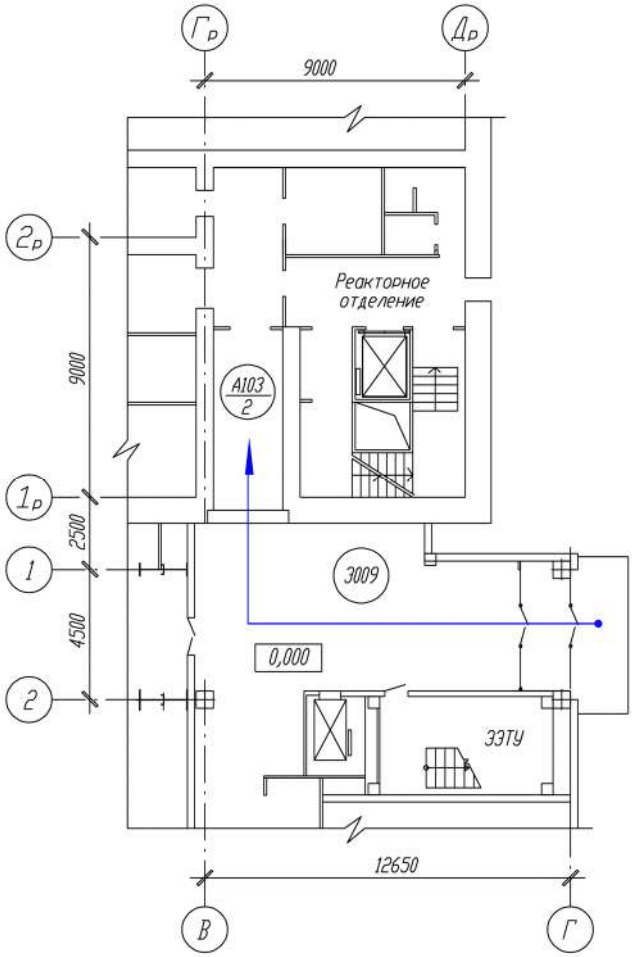
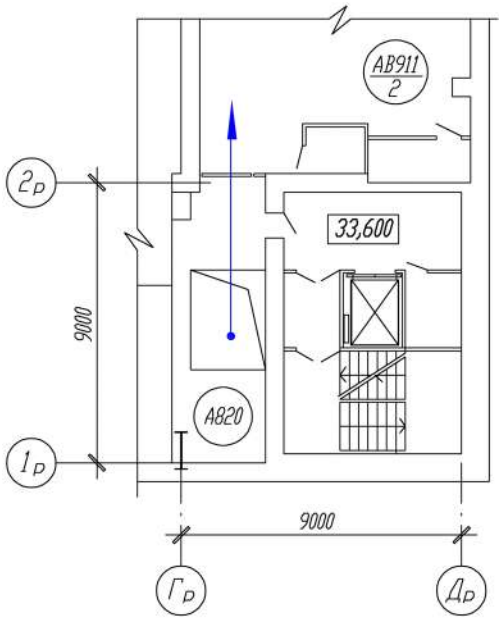


Рисунок 11.3 – Фрагмент плана РО на отм. 33,600 в месте расположения оборудования

На действующем объекте транспортировка центрального кондиционера в сборе невозможна, рассмотрим путь транспортировки и определим максимальные размеры одной секции.

На рис. 11.4 фрагмент плана РО на отм. 0,000 с примыкающим холлом пристройки ЭТУ. На рис. 11.5 показан фрагмент плана РО на отм. 33,600. Синие линии со стрелкой обозначают путь транспортировки секций, их размер ограничен размером дверей на отм. 0,000 пристройки ЭТУ – (1100х2300) мм.





Примечания

1. А103/2 – транспортная шахта.
2. Между помещениями А820 и АВ911/2 установлена съемная дверь размером (3000х3000) мм.

Рисунок 11.4 – Фрагмент плана РО и пристройки ЭТУ на отм. 0,000

Рисунок 11.5 – Фрагмент плана РО на отм. 33,600

11.10 Разработка технического задания на закупку фильтров воздушных общего назначения

Перечень параметров фильтров воздушных общего назначения приведен в таблице 11.9.

Таблица 11.9

В компетенции Заказчика	В компетенции Изготовителя
Конструкция фильтра (рулонный, ячейковый, карманный)	Марка фильтрующего материала
Класс по [14]	
Номинальный объемный расход воздуха (для ячейковых и карманных фильтров)	
Удельная воздушная нагрузка (для рулонных фильтров)	
Возможность регенерации фильтра	
Пылеемкость по [14]	
Максимальный начальный перепад давления воздуха (см. 13.11 настоящего пособия)	

В компетенции Заказчика	В компетенции Изготовителя
Минимальный конечный перепад давления воздуха (см. 13.11 настоящего пособия)	
Группа горючести по [51]	
Размеры (для рулонных фильтров – ширина и длина рулона)	

11.11 Разработка технического задания на закупку фильтров аэрозольных

Перечень параметров фильтров аэрозольных приведен в таблице 11.10.

Таблица 11.10

В компетенции Заказчика	В компетенции Изготовителя
Номинальный объемный расход воздуха	Марка фильтрующего материала
Рабочая температура и относительная влажность воздуха	Площадь фильтрующего материала
Предельно допускаемая температура и относительная влажность воздуха	Способ крепления фильтрэлементов
Материал корпуса	
Наличие ступени грубой очистки	
Возможность замены фильтрэлементов	
Класс по [11]	
Класс ступени грубой очистки по [14] (при наличии)	
Пылеемкость по [14], не менее	
Максимальный начальный перепад давления воздуха (см. 13.11 настоящего пособия)	
Минимальный конечный перепад давления воздуха (см. 13.11 настоящего пособия)	
Габаритные размеры, предельно допускаемые отклонения от них	

Рекомендуется включать в ТЗ требования об указании в паспортах значения показателя степени в формуле зависимости перепада давления воздуха на фильтре от объемного расхода воздуха (см. 13.13 настоящего пособия).

Перечень дополнительных параметров фильтров аэрозольных регенерируемых приведен в таблице 11.11.

Таблица 11.11

В компетенции Заказчика	В компетенции Изготовителя
Конечный перепад давления воздуха в режиме накопления сухого остатка при номинальном объемном расходе воздуха	Площадь поверхности
Перепад давления воздуха в режиме самоочищения при номинальном объемном расходе воздуха	Время промывки фильтрэлементов дистиллятом
Масса загрязняющего вещества, при которой значение перепада давления воздуха на фильтрэлементах равно конечному значению в режиме накопления сухого осадка (вместо пылеемкости по [14])	Давление и расход дистиллята на промывку фильтрэлементов
Габаритные и присоединительные размеры	Время сушки фильтрэлементов

11.12 Разработка технического задания на закупку адсорберов угольных

Перечень параметров адсорберов угольных приведен в таблице 11.12.

Таблица 11.12

В компетенции Заказчика	В компетенции Изготовителя
Номинальный объемный расход воздуха	Марка адсорбента
Рабочая температура и относительная влажность воздуха	Технические характеристики адсорбента
Предельно допускаемая температура и относительная влажность воздуха	Высота слоя адсорбента
Исполнение (с приварной или съемной крышкой, с адсорбентом засыпным или в картриджах)	Масса адсорбента
Требования к взаимозаменяемости адсорберов угольных	Количество картриджей (для исполнения адсорберов с адсорбентом в картриджах)
Эффективность образцов адсорбента по йоду-131 и метилйодиду-131, не менее	
Рабочее давление (разрежение) в корпусе, не менее	
Начальный перепад давления воздуха, не более (см. 13.11 настоящего пособия)	
Конечный перепад давления воздуха, не менее (см. 13.11 настоящего пособия)	
Габаритные и присоединительные размеры, предельно допускаемые отклонения от них	
Максимальное количество адсорберов по высоте	
Требования к креплению к строительным конструкциям и между собой	
Прочность адсорбента,%, не менее	
Срок изготовления адсорбента, не ранее	

Рекомендуется включать в технические задания требования об указании в паспортах значения показателя степени в формуле зависимости перепада давления воздуха на адсорбере угольном от объемного расхода воздуха (см. 13.13 настоящего пособия).

Выполнение испытаний или расчета единичного адсорбера угольного на стойкость к сейсмическим воздействиям недостаточно. Следует указывать в техническом задании требования о выполнении испытаний или расчета стойкости пакета адсорберов угольных (максимального их количества по высоте с креплениями к строительным конструкциям и между собой) на стойкость сейсмическим воздействиям.

11.13 Разработка технического задания на закупку клапанов противопожарных и дымовых

Перечень параметров клапанов противопожарных и дымовых приведен в таблице 11.13.

Таблица 11.13

В компетенции Заказчика	В компетенции Изготовителя
Типоразмер, максимальная строительная длина	Материал заслонки
Предел огнестойкости	Марка электропривода
Функциональное назначение: противопожарный (нормально открытый, нормально закрытый, двойного действия) или дымовой	Материал корпуса (если нет особых требований)

В компетенции Заказчика	В компетенции Изготовителя
Исполнение: общепромышленное или взрывозащищенное	Максимальный размер сечения единичного изделия
Управление: электроприводом, электромагнитом, ручное	Количество электроприводов
Тип электропривода (с возвратной пружиной, реверсивный)	
Параметры системы электроснабжения	
Максимальная скорость движения воздуха	
Максимальный коэффициент местного сопротивления	
Вылет заслонки за пределы корпуса (допускается, не допускается)	
Необходимость в монтажной раме	
Вид монтажной рамы (для присоединения к строительной конструкции или для закладки в строительную конструкцию)	
Наличие дополнительных элементов:	
− защитных решеток;	
− контрфланцев на входе;	
− контрфланцев на выходе;	
− переходников	
Исполнение фланцев переходников (под болтовое соединение или под приварку)	
Наличие огнезащитного кожуха электропривода (требуется, не требуется)	
Габаритные и присоединительные размеры	
Необходимость в пульте управления	

11.14 Разработка технического задания на закупку арматуры воздушной (кроме локализующей)

Перечень параметров арматуры воздушной (кроме локализующей) приведен в таблице 11.14.

Таблица 11.14

В компетенции Заказчика	В компетенции Изготовителя
Типоразмер, максимальная строительная длина	Материал корпуса (если нет особых требований)
Тип (заслонка воздушная, дроссель-клапан, клапан обратный)	Марка электропривода
Исполнение: общепромышленное или взрывозащищенное	
Управление: электроприводом или ручное (для заслонки воздушной)	
Параметры системы электроснабжения	
Максимальная скорость движения воздуха	
Максимальный коэффициент местного сопротивления	
Класс утечки через закрытую лопатку по [114]	
Установка горизонтальная или вертикальная (для обратных клапанов)	

11.15 Разработка технического задания на закупку локализующей арматуры

Перечень параметров локализующей арматуры приведен в таблице 11.15.

Таблица 11.15

В компетенции Заказчика	В компетенции Изготовителя
Типоразмер, максимальная строительная длина	Марка электропривода
Рабочее давление	
Установка горизонтальная или вертикальная	
Необходимость установки замковых устройств, исключающих несанкционированное открытие или закрытие арматуры	
Максимальная скорость движения воздуха	
Спектры ответа на отметке установки	
Примечания 1. Требования к материалам и времени закрытия приведены в [131]. 2. Требования к классу герметичности приведены в [198].	

11.16 Разработка технического задания на закупку воздуховодов

Как правило, при монтаже новых или модернизации действующих систем вентиляции и кондиционирования воздуха воздуховоды изготавливает или заказывает на специализированном предприятии монтажная организация.

Но может возникнуть необходимость закупки воздуховодов АС с последующим монтажом их своими силами, если объем работ небольшой. Тогда необходима разработка технического задания на закупку воздуховодов.

Рабочая документация систем вентиляции и кондиционирования воздуха разрабатывается в соответствии с требованиями [245]. В разделе 9 [245] указаны требования к спецификации оборудования, изделий и материалов, в части воздуховодов требования такие:

– воздуховоды в разделе спецификации «Вентиляция» («Вентиляция и кондиционирование») записывают по каждому диаметру (сечению);

– в спецификации принимают следующие единицы измерения трубопроводов и воздуховодов – м.

Площадь поверхности фасонных деталей (переходов, отводов, тройников и т.д.) пересчитывается на площадь поверхности прямых участков соответствующего диаметра (сечения).

Но по спецификации заказывать воздуховоды нельзя, нужно на основании рабочей документации разработать монтажные чертежи, состоящие из:

– бланка замера (монтажной схемы);

– комплектовочной ведомости;

– эскизов нестандартных деталей.

Рекомендации по разработке монтажных чертежей приведены в разделе VIII [246], разделе шестом [247].

Размеры и масса стандартных воздуховодов и фасонных деталей приведены в [118].

12 Проверка документации на оборудование, разработанной проектными организациями, другими подразделениями АС и предприятиями-изготовителями

12.1 Общие данные

В обязанности ИТР службы (цеха) вентиляции входит проверка документации на оборудование, разработанной проектными организациями, другими подразделениями АС и предприятиями-изготовителями.

Как правило, эту работу поручают специалистам лаборатории наладки, как самым подготовленным.

12.2 Характерные ошибки в ТУ на оборудование

12.2.1 Упоминание об обеспечении ядерной безопасности

По определению [9], ядерная авария – авария, сопровождающаяся повреждением ТВЭЛов, превышающим установленные пределы безопасной эксплуатации, или авария без повреждения ТВЭЛов, вызванная нарушением контроля и управления цепной реакцией деления или возникновением критичности при перегрузке, транспортировании и хранении ядерного топлива.

Системы вентиляции и кондиционирования воздуха не могут ни вызвать, ни предотвратить ядерную аварию, поэтому записи в ТУ о том, что их оборудование предназначено для обеспечения ядерной безопасности, являются некорректными.

12.2.2 Неправильные формулировки в части класса безопасности и категории сейсмостойкости

Часто в ТУ можно прочитать примерно такие записи:

«Продукция относится к I категории сейсмостойкости по классификации [128]. Продукция относится к третьему классу по влиянию элементов на безопасность АЭС. Классификационное обозначение 3НО по [9]».

В 2.9 [9] указано, что классы безопасности элементов АС назначаются разработчиками проектов РУ и АС.

Кроме этого, приведенная выше запись фактически не разрешает применять продукцию в качестве элементов II и III категории сейсмостойкости по [128] и в качестве элементов систем, важных для безопасности, с классификационным обозначением 3Н или 3О, а также в качестве элементов систем нормальной эксплуатации.

Правильными являются записи в ТУ:

«Продукция соответствует требованиям, предъявляемым к оборудованию I категории сейсмостойкости по [128] и может применяться в качестве элементов II и III категории сейсмостойкости по [128]».

«Продукция соответствует требованиям, предъявляемым к оборудованию 3 класса безопасности по [9] (классификационное обозначение – 3Н, 3О, 3НО) и может применяться в качестве элементов систем нормальной эксплуатации (4 класс безопасности по [9], классификационное обозначение – 4Н)».

Вот пример из практики.

В паспортах на оборудование было записано: «Продукция соответствует требованиям, предъявляемым к оборудованию 3 класса безопасности по [9] и I категории сейсмостойкости по [128]».

Так как в договоре на поставку продукции часть ее должна была соответствовать требованиям 3 класса безопасности и I категории сейсмостойкости, а часть – требованиям 4 класса безопасности и III категории сейсмостойкости, при входном контроле комиссия посчитала приведенные выше записи в паспортах нарушением договора.

Хотя указание в паспортах класса безопасности и категории сейсмостойкости, как в договоре на поставку, могло усложнить работу цеха-заказчика и монтажной организации. Потребовалось бы на всех этапах проследить, чтобы продукция 4 класса безопасности не была смонтирована в систему 3 класса безопасности, и наоборот.

В ходе устранения замечаний предприятие-изготовитель заменило паспорта продукции, в них было указано, что продукция 3 класса безопасности и I категории сейсмостойкости может использоваться в качестве элементов 4 класса безопасности и II или III категории сейсмостойкости.

В ТУ на вентиляционное оборудование можно прочитать такое:

Продукция относится к классу безопасности 3 с характером выполняемых функций Н, З, Л, О, У.

Конечно, вентиляционное оборудование может выполнять функции элементов нормальной эксплуатации и обеспечивающих систем безопасности. Арматура, разработанная и изготовленная в соответствии с требованиями норм [126], может выполнять функции элементов локализующих систем безопасности.

В настоящем пособии приведены определения согласно [9]:

– защитных систем (элементов) безопасности – в 2.17.3;

– управляющих систем (элементов) безопасности – в 2.17.4.

И показано, что вентиляционное оборудование никак не может выполнять функции защитных и управляющих систем (элементов) безопасности. Лишние буквы в классификационном обозначении вентиляционного оборудования являются признаком непонимания разработчиками ТУ правил в атомной энергетике.

12.2.3 Указание класса безопасности 2 для оборудования, не являющегося локализующей арматурой

По определению [9], к классу 2 относятся следующие элементы АС, не вошедшие в класс 1:

– элементы, отказы которых являются исходными событиями, приводящими к повреждению ТВЭЛов без превышения максимального проектного предела при проектном функционировании систем безопасности с учетом нормируемого для проектных аварий количества отказов в указанных системах;

– элементы систем безопасности, единичные отказы которых приводят в случае возникновения проектной аварии к нарушению установленных для таких аварий проектных пределов.

Из всех систем и оборудования вентиляции под определение класса 2 по [9] подпадает только локализующая арматура, установленная на воздуховодах, пересекающих герметичную оболочку. При наложении, например, разрыва трубопровода с радиоактивной средой в герметичной оболочке и незакрытия локализующей арматуры на системе поддержания разрежения в герметичной оболочке возможны непредсказуемые последствия.

Но отказы оборудования других систем вентиляции или систем кондиционирования воздуха не могут привести к последствиям, упомянутым выше, поэтому записи в ТУ о том, что оборудование, не являющееся локализующей арматурой, относится к классу 2, являются некорректными.

12.2.4 Отсутствие технических характеристик продукции и методов их проверок

Например, в ТУ на кондиционеры центральные были приведены:

– номинальные значения объемного расхода воздуха;

– диапазон значений полного давления воздуха вентилятора;

– диапазон значений мощности электродвигателя вентилятора;

– габаритные размеры и масса секций;

– опросный лист.

Но не указаны технические характеристики ни одной секции, не предусмотрены методы их проверки.

Например, в ТУ на фильтры-поглотители были приведены:

– номинальные и максимально допускаемые значения объемного расхода воздуха;

– перепад давления воздуха;

– степень герметичности;

– эффективность по стандартному масляному туману;

– габаритные размеры и масса.

Но не указаны основные характеристики: степень очистки воздуха от отравляющих веществ, радиоактивной пыли и бактериальных аэрозолей, для чего, собственно, и нужны эти изделия, не предусмотрены методы ее проверки.

Например, в разделах «Технические характеристики», «Правила приемки», «Методы контроля» проекта ТУ на противопожарные клапаны были приведены слово в слово требования правил пожарной безопасности при эксплуатации АС. Как именно предприятие-изготовитель собиралось обеспечить выполнение этих требований, в проекте ТУ не было указано.

12.2.5 Указание невыполнимых технических характеристик

В ТУ на центральные кондиционеры указаны их технические характеристики, приведенные в таблице 12.1.

Таблица 12.1

Наименование параметра и единица измерения	Значение		
	Тип 1	Тип 2	Тип 3
Номинальный объемный расход воздуха, $м^3/ч$	10 000	20 000	30 000
Режим охлаждения			
Параметры воздуха на входе в кондиционер:			
– температура, °С	27		
– относительная влажность, %	60		
Номинальная холодопроизводительность, кВт, не менее	80	120	180
Режим нагрева			
Температура воздуха на входе в кондиционер, °С	минус 20		
Номинальная теплопроизводительность, кВт, не менее	170	340	510

В ТУ указано, что кондиционеры могут работать при:

– рабочей температуре воздуха на входе от 20 °С до 31 °С, экстремальной температуре воздуха на входе до 45 °С и относительной влажности от 40% до 60% (режим охлаждения);

– рабочей температуре воздуха на входе от минус 20 °С до 30 °С и экстремальной температуре воздуха на входе до минус 36 °С (режим нагрева).

Построим в I-d диаграмме влажного воздуха процессы обработки воздуха в теплый период года при следующих исходных данных:

– номинальный объемный расход воздуха 30 000 $м^3/ч$;

– температура наружного воздуха 31 °С и относительная влажность 60%;

– доля наружного воздуха в приточном воздухе 20%;

– температура рециркуляционного воздуха 25 °С и относительная влажность 50%.

Результаты показаны на рис. 12.1.

Построим в I-d диаграмме влажного воздуха процессы обработки воздуха в холодный период года при следующих исходных данных:

– номинальный объемный воздуха 30 000 $м^3/ч$;

– температура наружного воздуха минус 36 °С и относительная влажность 90%;

– доля наружного воздуха в приточном воздухе 20%;

– температура рециркуляционного воздуха 25 °С и относительная влажность 50%.

Результаты показаны на рис. 12.2.

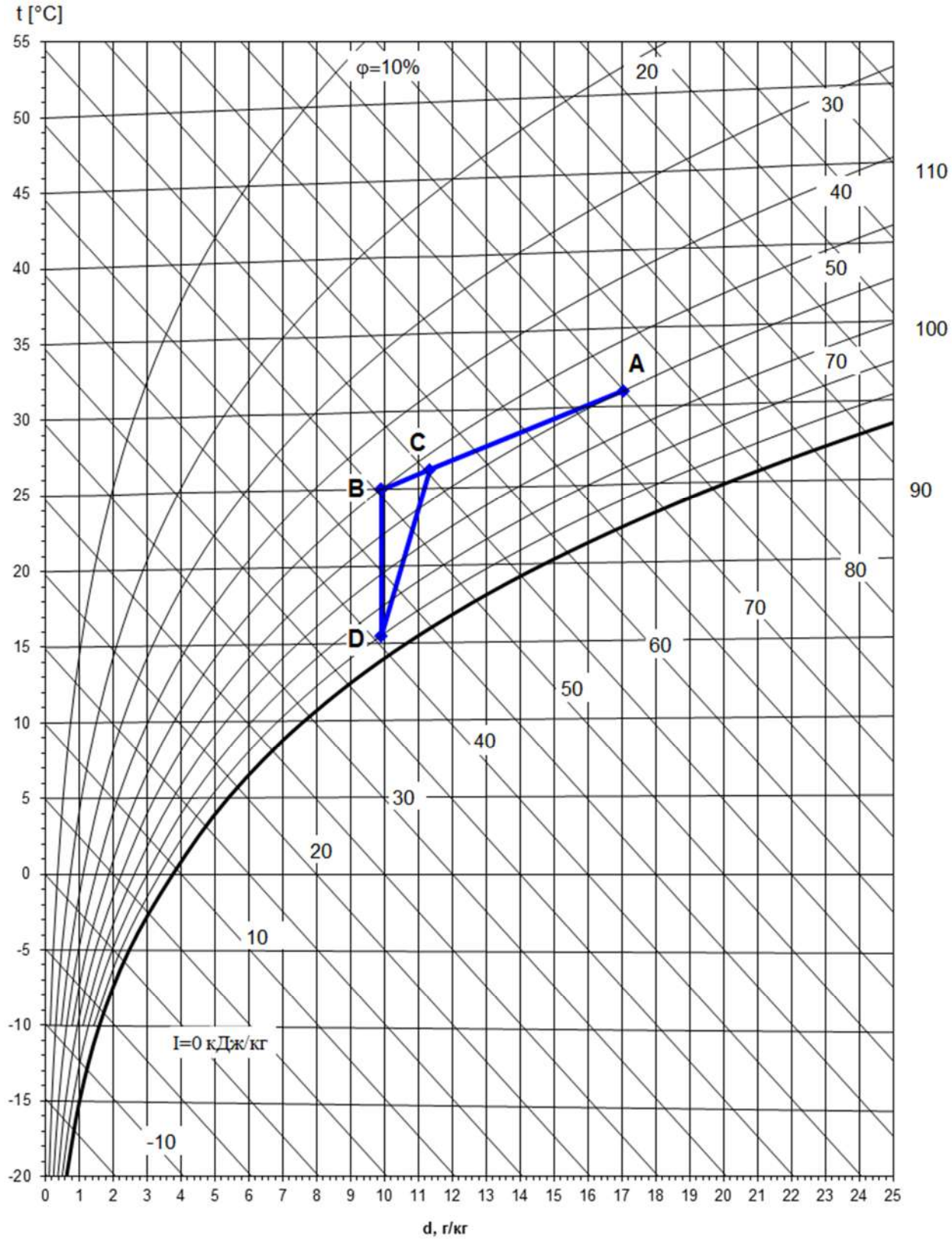


Рисунок 12.1 – Процессы обработки воздуха в центральном кондиционере в теплый период года

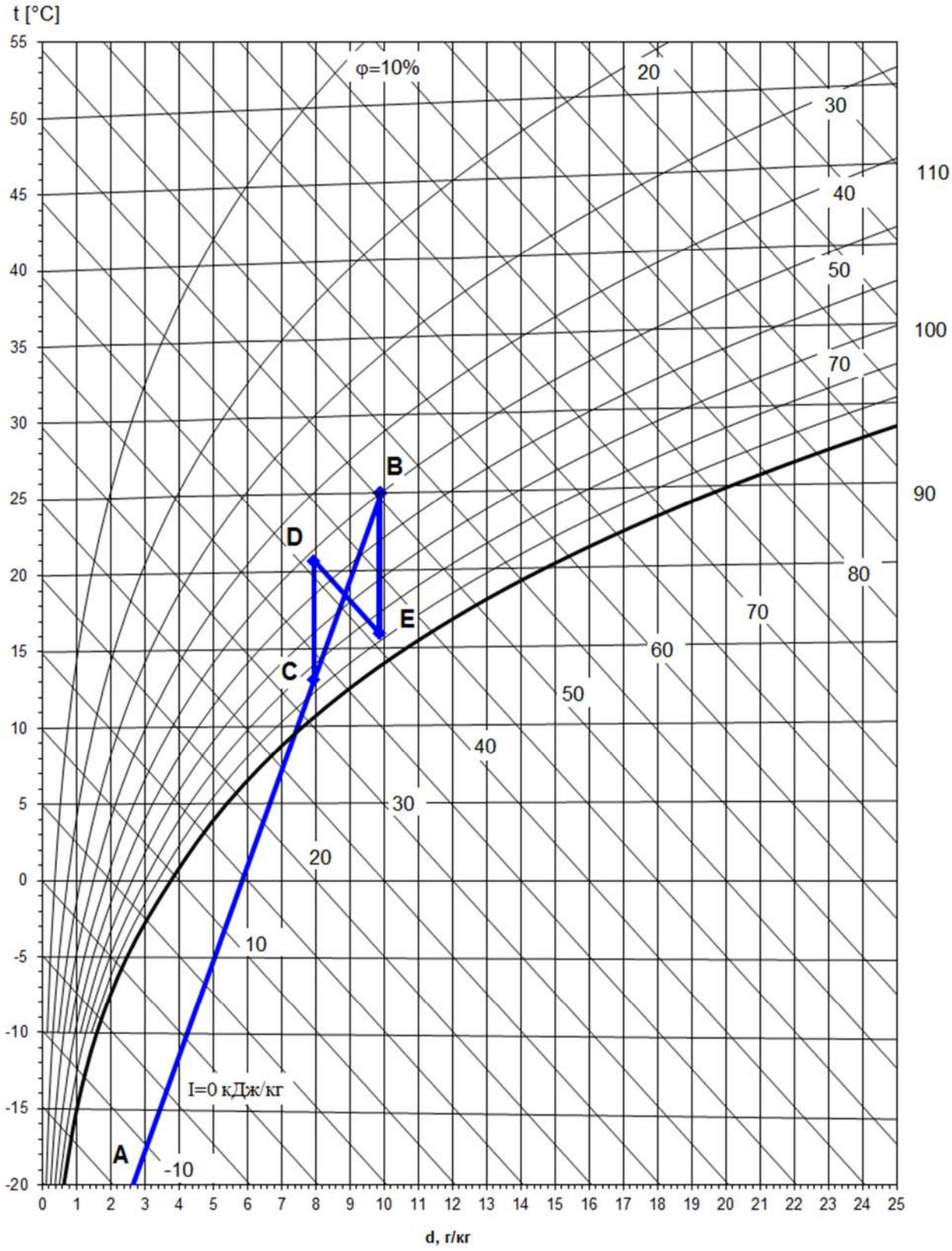


Рисунок 12.2 – Процессы обработки воздуха в центральном кондиционере в холодный период года

Расчетные технические характеристики центральных кондиционеров приведены в таблице 12.2.

Таблица 12.2

Наименование параметра и единица измерения	Значение		
	Тип 1	Тип 2	Тип 3
Номинальный объемный расход воздуха, $м^3/ч$	10 000	20 000	30 000
Теплый период года			
Расчетные параметры наружного воздуха:			
− температура, °С	31		
− относительная влажность,%	60		
Номинальная холодопроизводительность, кВт	48,9	97,8	146,6
Холодный период года			
Расчетная температура наружного воздуха, °С	минус 36		
Номинальная теплопроизводительность, кВт	26,4	52,8	79,2

Сравнительный анализ таблиц 12.1 и 12.2 позволяет сделать вывод о том, что в ТУ указаны невыполнимые технические характеристики центральных кондиционеров.

12.2.6 Указание в ТУ технических характеристик, не представляющих ценности для Заказчика

В обозримом будущем на Запорожской АЭС возникнет необходимость замены воздухоохладителей ЗСК-03 и ВО-180/2510/350 производства ОП АЭМ (см. 8.2.3 настоящего пособия) в связи с выработкой ресурса.

Рассмотрим ТУ одного из предполагаемых изготовителей воздухоохладителей, в них приведены технические характеристики наиболее подходящего изделия, см. таблицу 12.3.

Таблица 12.3

Наименование параметра и единица измерения	Значение
Тепловой поток, кВт, не менее	194
Расход воды номинальный, $м^3/ч$	65,4
Расход воздуха (среднее значение), $м^3/с$	10,2
Температура охлаждающей воды, °С, не более	30
Температура охлажденного воздуха, °С, не более	40
Аэродинамическое сопротивление, Па, не более	350
Гидродинамическое сопротивление, МПа, не более	0,07
Расчетное (рабочее) давление, МПа	0,5
Габаритные размеры, мм	2890x950x250
Масса, кг, не более	415
Срок службы, лет, не менее	11

Габаритные и присоединительные размеры воздухоохладителя соответствуют первоначальной рабочей документации.

При значениях:

– площади теплообменной поверхности, площади живого сечения по воздуху и воде воздухоохладителя ВО-194/2510-61-н-УХЛ4 согласно 8.2.3 настоящего пособия;

– по формуле (8.5) расчета коэффициента теплопередачи воздухоохладителя

методом подбора определяем значения, при которых могут быть получены данные, указанные в ТУ:

– температура воздуха на входе воздухоохладителя – 53,4 °С;

– температура воды на входе воздухоохладителя – 21,2 °С;

– температура воды на выходе воздухоохладителя – 29,4 °С.

Но значений теплотехнических характеристик воздухоохладителя в одной точке недостаточно для выполнения проверочного расчета систем охлаждения гермооболочки в различных режимах эксплуатации, например, как в таблице 8.7.

Таким образом, для определения возможности применения воздухоохладителей на системах охлаждения гермооболочки необходима дополнительная информация от предприятий-изготовителей.

12.2.7 Указание в условных обозначениях и/или опросных листах класса безопасности и категории сейсмостойкости

При указании в условных обозначениях и/или опросных листах класса безопасности и категории сейсмостойкости предполагается, что продукция разных классов безопасности и/или категории сейсмостойкости имеет какие-либо различия в части:

- конструкторской документации;
- правил приемки;
- методов контроля;
- и т.д.

Если же продукция изготавливается по одной конструкторской и технологической документации, то указание в условных обозначениях и/или опросных листах класса безопасности и категории сейсмостойкости в лучшем случае является бесполезным, но может и осложнить процедуру входного контроля продукции (см. 12.2.2 настоящего пособия).

12.2.8 Неудачно сформулированные требования

В подразделе «Упаковка» ТУ было записано: «Продукция перед упаковкой подвергается консервации сроком на 5 лет. Для консервации применяется масло консервационное К-17». На предприятии-изготовителе упаковщики решили не наносить масло консервационное на детали из оцинкованной стали, стали углеродистой с лакокрасочным покрытием. В паспортах отметка о консервации не была выполнена. При входном контроле продукция по совокупности замечаний была признана браком.

Замечания к данной партии продукции были устранены, а в подраздел «Упаковка» ТУ были внесены изменения, в новой редакции записано: «Продукция перед упаковкой подвергается консервации сроком на 5 лет. Для консервации деталей из углеродистой стали без защитного или лакокрасочного покрытия применяется масло консервационное».

В подразделе «Упаковка» ТУ было записано:

«При транспортировании продукции воздушным, водным или смешанным железнодорожно-водным транспортом в макроклиматические районы с тропическим климатом в качестве транспортной тары должны использоваться ящики фанерные или ящики из древесноволокнистых плит. Продукцию упаковывают в ящики по КД изготовителя. При транспортировании продукции железнодорожным и автомобильным транспортом в макроклиматические районы с умеренным и холодным климатом транспортная тара не применяется, в этом случае защита продукции от воздействия внешних факторов обеспечивается внутренней упаковкой».

На предприятии-изготовителе упаковщики решили не упаковывать продукцию в ящики, а закрепить ее на поддонах. При входном контроле комиссия решила, что упаковка продукции в ящики обязательна, и она по совокупности замечаний была признана браком.

Замечания к данной партии продукции были устранены, а в подраздел «Упаковка» ТУ были внесены изменения, в новой редакции записано:

«При транспортировании продукции воздушным, водным или смешанным железнодорожно-водным транспортом в макроклиматические районы с тропическим климатом в качестве транспортной тары должны использоваться ящики фанерные или ящики из древесноволокнистых плит. Продукцию упаковывают в ящики по КД изготовителя.

При транспортировании продукции железнодорожным и автомобильным транспортом в макроклиматические районы с умеренным и холодным климатом транспортная тара может не применяться, в этом случае защита продукции от воздействия внешних факторов обеспечивается внутренней упаковкой».

12.2.9 Примеры частных ошибок в ТУ

Примеры частных ошибок в ТУ приведены в таблице 12.4.

Таблица 12.4

Наименование оборудования	Содержание ошибок в ТУ	Какие требования НД нарушены
Клапаны противопожарные и дымовые	В ТУ включены клапаны дымовые взрывозащищенного исполнения (расчетная температура дыма 600 °С)	При расчетной температуре дыма 600 °С образование взрывоопасной среды исключено
	На клапанах дымовых предусмотрена установка электроприводов с пружинным возвратом	В 7.19 [49] указано, что клапаны противопожарные нормально закрытые в системах для удаления дыма и газа после пожара должны сохранять заданное при пожаре положение заслонки клапана при отключении электропитания привода клапана
	Клапаны противопожарные нормально открытые должны сохранять свое положение при обесточивании	В 7.19 [49] указано, что клапаны противопожарные нормально закрытые должны сохранять заданное при пожаре положение заслонки клапана при отключении электропитания привода клапана. На клапаны противопожарные нормально открытые требования данного пункта не распространяются
Клапаны избыточного давления	Клапан избыточного давления не допускает обратного протока воздуха или газа при повышении давления в помещении	Абсолютно герметичных клапанов избыточного давления не существует, необходимо задать или допускаемую протечку воздуха при заданном значении избыточного давления среды в помещении, или класс по [114]
Фильтры аэрозольные	Сейсмостойкость обеспечивается конструктивно (установкой фильтров в ячейках вентсистемы с закреплением их прижимным устройством, рассчитанным на сейсмические воздействия)	В пункте 5.2 [128] указано: «Обоснование сейсмостойкости оборудования и трубопроводов при сейсмических воздействиях, заданных поэтажными акселерограммами и (или) поэтажными спектрами ответа, должно выполняться расчетными и (или) экспериментальными методами»
Адсорберы угольные	Срок службы адсорберов угольных определяется временем заполнения пор адсорбента продуктами распада йода и его соединений	Для адсорбера угольного АУ-1500 в режиме нормальной эксплуатации время заполнения пор адсорбента продуктами распада йода и его соединений составляет 3 миллиона лет
Полотно нетканое объемное фильтровальное	Эффективность очистки воздуха – не менее 90%; пылеемкость – не менее 1500 г/м^2. Показатели определяются при постановке продукции на производство в специализированных лабораториях потребителей	Не указан шифр стандарта, в котором указаны методики определения показателей, фактически ответственность за соответствие показателей продукции требованиям ТУ перекладывается на потребителей

12.3 Характерные ошибки в ТЗ и ИТТ

Наиболее характерные ошибки в ТЗ и ИТТ приведены в таблице 12.5 (разработчик и заказчик не указаны, повторяющиеся ошибки упоминаются один раз).

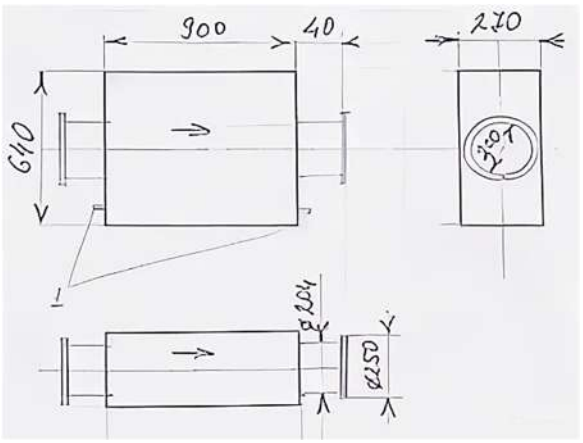
Таблица 12.5

Содержание требования в ТЗ (ИТТ)	В чем допущена ошибка
Клапан противопожарный универсальный по типу КПУ-1Н-О-Н-400х300-2*ф-BLF24-Т-Т-СН-КК-0 ООО «Веза» (или аналог)	
Предел огнестойкости	Не указан, а это основной параметр для клапанов противопожарных и дымовых
Глубина корпуса – 180 мм	Не указано, разрешен вылет лопатки за пределы корпуса или нет
Наличие терморазмыкающего устройства	Не указана температура срабатывания
Наличие клеммной коробки	Не указана минимальная степень защиты
Лопатка: створчатая поворотного типа из огнестойкого материала, с уплотнением на торцевой поверхности лопатки из термовспучивающиегося материала	Конструкция клапана в компетенции предприятия-изготовителя
Условия хранения: 8 по табл. 13 [189]	Соответствует условиям хранения на открытой площадке, что для изделия с электроприводом нежелательно
Клапан воздушный по типу Гермик-П-850х850-Н-1*NM24A+S2A-1-У2 ООО «Веза» (или аналог)	
Материал лопаток: усиленный алюминиевый профиль, в зоне примыкания створок упругий уплотнитель. Раскрытие лопаток параллельное	Конструкция клапана в компетенции предприятия-изготовителя
Рабочее давление – до 1800 Па	Должно быть – не менее 1800 Па, в существующей редакции клапан с рабочим давлением, например, 1000 Па будет соответствовать требованиям ТЗ
-	Класс протечек через закрытый клапан по [114] не указан, т.е. требования к плотности клапана не предъявляются
Воздухоохладитель водяной по типу ВОВ123.1-055-058-06-30-24-1-221-1; ВЕРОСА-500-058-03-00-У4 ООО «Веза» (или аналог)	
Мощность Qх – 15,3 кВт	Для воздухоохладителей должна быть холодопроизводительность. Не указаны условия определения холодопроизводительности – расход воздуха, температура воздуха и воды или ссылка на стандарт
Сторона, параллельная трубкам (длина оребрения) – 55 см	Конструкция воздухоохладителя в компетенции предприятия-изготовителя
Сторона, перпендикулярная трубкам (высота оребрения) – 58 см	
-	Не приведены значения давления и температуры сетевой воды
	Не приведены габаритные и присоединительные размеры

Продолжение таблицы 12.5

Содержание требования в ТЗ (ИТТ)	В чем допущена ошибка
Вентилятор радиальный по типу ВРАН6-025-Т80-В-00025/2-У2-1-П90-0 ООО «Веза» (или аналог)	
Исполнение взрывозащищенное	Не указан уровень взрывозащиты по [89]
Параметры электродвигателя: 4ВР63А2, Ny=0,37 кВт, n=3000 об/мин	Подбор электродвигателя в компетенции предприятия-изготовителя, достаточно указать максимальную установленную мощность
Положение корпуса – П 90	По [66] – Пр 90°
-	Не приведены габаритные и присоединительные размеры
Приточная установка по типу ВЕРОСА 500-086-06-00-У3 ООО «Веза» (или аналог)	
Комплект автоматики в составе: − реле перепада для контроля запыленности фильтра с комплектом монтажных изделий (SR1000, 1шт.); − реле перепада для контроля работы вентилятора с комплектом монтажных изделий (SR1500, 1шт.); − канальный датчик температуры приточного воздуха с установочным фланцем (ДТС 405-РТ1000.В2.320, 1 шт.); − 3-х ходовой регулирующий клапан по холодоносителю с установочными гайками (ДТС 405-РТ1000.В2.320, 1 шт.); − электропривод регулирующего клапана (LR24A-SR, 1шт); − шкаф приборов управления автоматики (ШСАУ БАЗА-2-2-191006422а-05)	Не рекомендуется указывать конкретные марки изделий
-	Не приведена расчетная температура наружного воздуха в холодный и теплый периоды года
	Не приведена проектная температура приточного воздуха в холодный и теплый периоды года
	Не приведены значения давления и температуры сетевой воды
	Не приведены значения давления и температуры сетевой воды
	Не приведен класс фильтра общего назначения по [14]
	Не приведен запас полного давления воздуха на выходе
	Не приведена максимальная установленная мощность
	Не приведены габаритные и присоединительные размеры
	Не приведена максимальная масса

Продолжение таблицы 12.5

Содержание требования в ТЗ (ИТТ)	В чем допущена ошибка
Вентилятор дымоудаления крышный с выходом потока вверх коррозионностойкого исполнения Q=40 694 м^3/ч по типу УКРОС61-112-ДУ400-К1-01100/8-ТВ1 или аналог	
Мощность электродвигателя – 11,0 кВт	Должно быть – не более 11 кВт
Тип электродвигателя – АИР160М8	Подбор электродвигателя в компетенции предприятия-изготовителя
Частота вращения вала – 730 об/мин	
Напряжение в сети – 230 В	Электродвигатель мощностью 11 кВт не может запитываться от однофазной сети, следует указать стандарт на трехфазную сеть 220/380 В
Частота тока – 50 Гц	
-	Не приведены значения предела огнестойкости и рабочей температуры дыма
В комплекте со стаканом монтажным утепленным по типу СТАМ 400-112-К1 для монтажа на плоской кровле	Не рекомендуется указывать конкретные марки изделий
Фильтр аэрозольный Ф-13 (ФПП-15-3,0) или аналог	
Длина – (900±5) мм	По [164] длина $900^{+4,0}_{-3,0}$ мм
Ширина – (270±2) мм	По [164] ширина $268^{+4,0}$ мм
	По [164] длина фильтра 900 мм с патрубками. Не привязаны оси патрубков по вертикали и горизонтали, не указано количество и расположение отверстий во фланцах. Не указаны размеры штуцеров (поз. 1 на эскизе)
Площадь фильтрующей поверхности – не менее 13 м^2	В компетенции предприятия-изготовителя
Фильтрующий материал – слой полимерных волокон диаметром 1,5 мкм, с характеристиками: − сопротивление потоку воздуха при скорости 5,3 см/с – (140-180) Па; − коэффициент проскока по масляному туману при скорости 1 см/с – не более 0,01%; − удлинение при разрыве – не менее 50%; − разрывная нагрузка, не менее – 2 Н; − поверхностная плотность – (40-60) г/м^2	В компетенции предприятия-изготовителя
-	Не указан номинальный расход воздуха
	Не указан максимальный начальный перепад давления воздуха
	Не указан минимальный конечный перепад давления воздуха

Продолжение таблицы 12.5

Содержание требования в ТЗ (ИТТ)	В чем допущена ошибка
Клапан обратный КОЛФ-А-800х800-У (или аналог)	
На табличке указать маркировку взрывозащиты по [88], в комплекте поставки должен быть сертификат по взрывозащите клапана	Требуемый класс взрывозащиты в ТЗ не указан
-	Не приведено возможное пространственное расположение
	Не приведен максимальный коэффициент местного сопротивления
	Не приведена длина корпуса, возможность вылета лопаток за пределы корпуса
Автономные кондиционеры	
Требования к сторонам обслуживания и подвода сред, расположению патрубков и параметрам подводимых и отводимых сред уточняются поставщиком оборудования с проектировщиком на этапе согласования ТУ/ТЗ на оборудование	Данные требования должны указываться в опросном листе
Конструктивно автономные кондиционеры могут состоять из блоков: − корпус в сборке с клеммной коробкой, контрольной панелью и болтом заземления; − конденсатор с водяным или воздушным охлаждением; − вентиляторный блок; − блок очистки воздуха (при необходимости, в случае указания в ОЛПП); − воздухонагреватель с электрическим нагревом (при необходимости, в случае указания в ОЛПП); − увлажнитель воздуха (при необходимости, в случае указания в ОЛПП); − воздухоохладитель с сепаратором и поддоном; − шкаф управления, пульт управления	Для определения состава автономного кондиционера необходимы проектные параметры воздуха в обслуживаемых помещениях
Допускается использование вентилятора как на одном валу с электродвигателем, так и с клиноременной передачей (по согласованию с Генеральным проектировщиком)	При износе ремней частицы резины попадают в выходной патрубок, применение клиноременной передачи должно быть обосновано и согласовано с Заказчиком
Рабочее колесо и корпус вентилятора, компрессора кондиционера должны быть выполнены из разнородных металлов, при соприкосновении которых не происходит искровыделений. Конструкция оборудования должна исключать воздействие искр на перекачиваемую среду	Данное требование применяется для неэлектрического оборудования, работающего в потенциально взрывоопасной среде согласно [248] (защита конструкционной безопасностью «с»)

Продолжение таблицы 12.5

Содержание требования в ТЗ (ИТТ)	В чем допущена ошибка
Номинальная холодопроизводительность – 90 кВт и 12 кВт	Не приведены условия измерения холодопроизводительности по [111]
-	Не приведена марка хладона
	Не приведены требования к хладоновой системе
	Не упомянута возможность подключения воздуховодов
	Не приведена температура охлаждающей воды
	Не приведен расход воды для охлаждения конденсатора
	Не приведено давление охлаждающей воды
	Не предусмотрено подтверждение соответствия требованиям технических регламентов
	Не указан способ регулирования холодопроизводительности
-	Не указано наличие в комплекте поставки оборудования для заправки хладоном и ЗИП
Клапаны избыточного давления	
Требования к массогабаритным характеристикам приведены в ОЛПП	В ОЛПП приведены только возможные диаметры условного прохода. Максимальные габаритные и присоединительные размеры, масса не указаны
Классификация клапанов избыточного давления по сейсмостойкости в соответствии с [128] указана в ОЛПП	В опросном листе указаны: I, II, III категории сейсмостойкости без ссылок на типоразмеры, оперативные обозначения и т.д.
Клапаны избыточного давления 2 и 3 класса безопасности, I категории сейсмостойкости должны выполнять свои функции во время и после сейсмического воздействия уровня максимального расчетного землетрясения (МРЗ), а также воздействия на строительные конструкции внешней ударной волны (ВУВ) и падения самолета	Не может быть КИД 2 класса безопасности, отказ которых приводит к последствиям, описанным в 2.6 [9]
Клапаны герметичные локализующие	
Клапаны должны соответствовать требованиям противопожарных норм. Клапаны должны быть сертифицированы органом по сертификации в области пожарной безопасности в соответствии с [48]. Клапаны должны иметь предел огнестойкости не менее 90 мин.	Требования к локализующей арматуре и противопожарным клапанам принципиально разные. Разработать конструкцию локализующей арматуры с нормируемым пределом огнестойкости крайне сложно. Последовательная установка локализующей арматуры и противопожарных клапанов, чтобы каждый элемент выполнял свои функции, вполне возможна
-	Отсутствуют требования о наличии ручного дублера на электроприводе, что может привести к невозможности открытия или закрытия (уплотнения) арматуры в аварийной ситуации

Продолжение таблицы 12.5

Содержание требования в ТЗ (ИТТ)	В чем допущена ошибка
Установки фильтрации радиоактивного воздуха	
Огнестойкость установок фильтрации, огнестойкость адсорбента … должны быть указаны в технических условиях	Предел огнестойкости может быть установлен только для противопожарных клапанов, вентиляторов дымоудаления и воздуховодов. Для фильтрующих материалов и сорбентов согласно [51] могут быть определены: группа горючести и температура самовоспламенения
На случай пожара в установке фильтрации разрабатывается план расположения противопожарного оборудования и приборов, которые помогают быстро обнаружить пожар. Надежная система обнаружения пожара должна устанавливаться перед каждым адсорбционным блоков для обнаружения чрезмерно высокой температуры и/или продуктов сгорания. Система затопления должна предусматриваться на угольных фильтрах, включая соединения с противопожарной системой посредством шланга с быстроразъемными соединениями, автоматическое затопление не допускается	Для исключения пожара в установке фильтрации достаточно: – предусмотреть аварийное отключение электронагревателя при превышении заданной температуры оребрения; – задать температуру самовоспламенения адсорбента не менее чем на 50 °С выше уставки аварийного отключения электронагревателя. Система затопления адсорберов избыточна
Клапаны противопожарные	
Клапан противопожарный нормально открытый или клапан противопожарный нормально закрытый должен сохранять свое положение при обесточивании	В части клапана противопожарного нормально открытого требование противоречит 7.19 [49]
Противопожарные клапаны нормально открытые должны иметь электропривод с напряжением питания (24±4) В постоянного тока. Противопожарные дымовые клапаны должны иметь двухпозиционный электропривод с напряжением питания (24±4) В постоянного тока	Не приведены требования к электроприводам клапанов противопожарных нормально закрытых и двойного действия
Расчетное давление – 0,05 МПа, 0,1 МПа	Расчетное давление среды на порядок завышено, такого значения избыточного давления (разрежения) вентиляторы создать не могут
Адсорберы угольные для замены АУ-1500	
Адсорберы угольные должны классифицироваться по [127], [133], [142]	В [127] и [142] отсутствуют какие-либо требования к классификации адсорберов угольных (йодных фильтров). В пункте 7 [133] указано, что для конкретного оборудования и трубопроводов принадлежность к группе устанавливается разработчиками проектов РУ и АЭУ

Продолжение таблицы 12.5

Содержание требования в ТЗ (ИТТ)	В чем допущена ошибка
Габаритные и монтажные размеры адсорберов угольных: − высота – 800 мм; − высота от низа корпуса до оси выходного патрубка – 140 мм; − высота от низа корпуса до оси входного патрубка – 680 мм. Должна обеспечиваться совместимость адсорберов угольных с существующими сетями воздуховодов вентиляционных систем	Не указаны допускаемые отклонения от номинальных размеров. Требование о совместимости адсорберов угольных с существующими сетями воздуховодов вентиляционных систем невыполнимо. См. 11.2 настоящего пособия
Адсорберы угольные должны классифицироваться по I и II категории сейсмостойкости согласно [128]	Отсутствуют требования о наличии в конструкции адсорберов угольных элементов для крепления их к строительным конструкциям или металлоконструкциям, а также между собой (при количестве адсорберов угольных по высоте – от двух до четырех), рассчитанных на сейсмические воздействия. Без этого требования теряют смысл требования к стойкости адсорберов угольных к сейсмическим воздействиям. Если адсорберы угольные устанавливать один на другой и крепить только хомутами к воздуховодам, при землетрясении колонны будут разрушены. Отсутствуют также требования о включении в комплект поставки элементов для крепления адсорберов угольных между собой
Технические характеристики адсорбента: − активированный уголь, импрегнирован TEDA и йодидом калия/бария; − размер гранул от (1,5±0,5) мм до (3,0±0,5) мм; − суммарный объем пор по воде менее 0,7 $см^3/г$; − высота слоя 250 мм	Приведены параметры адсорбента, находящиеся в компетенции предприятия-изготовителя адсорберов угольных
На маркировочной табличке должны быть указаны: − класс безопасности; − категория сейсмостойкости; − начальный перепад давления воздуха; − конечный перепад давления воздуха	Указание класса безопасности и категории сейсмостойкости предполагает индивидуальную маркировку в зависимости от того, для какой системы вентиляции предназначен адсорбер угольный. Конечный перепад давления воздуха на адсорбере угольном является расчетной величиной и не подтверждается при приемо-сдаточных испытаниях
В паспорте каждого адсорбера угольного требуется указание класса безопасности по [9] и категории сейсмостойкости по [128]	Это означает, что предприятие-изготовитель определяет, на какую систему вентиляции он может быть смонтирован, а на какую систему не может, что не входит в компетенцию предприятия-изготовителя
В комплекте поставки должна быть методика тестирования эффективности адсорбера угольного	Все известные методики измерения эффективности адсорбентов по йоду и метилйодиду являются лабораторными, данные работы проводятся в специализированных лабораториях на аттестованных стендах. Включение в комплект поставки какой-либо методики измерения эффективности адсорбентов никакой ценности для Заказчика не имеет

Окончание таблицы 12.5

Содержание требования в ТЗ (ИТТ)	В чем допущена ошибка
От Поставщика требуется разработка программы ввода адсорберов угольных в эксплуатацию и согласование ее с Заказчиком	Только у Заказчика имеется информация: – о рабочей документации на монтаж адсорберов угольных; – о проекте производства работ на транспортирование и монтаж адсорберов угольных; – о порядке дозиметрического контроля адсорберов угольных, подлежащих демонтажу; – о распределении обязанностей между подразделениями АС; – о требованиях к разработке, согласованию и утверждению программ; – о наличии инструмента и приспособлений для транспортирования и монтажа адсорберов угольных; – о наличии и метрологических характеристиках средств измерительной техники для измерения параметров систем вентиляции

В одном ТЗ на автономные кондиционеры указано требование «Высота размещения средств управления и информации о параметрах кондиционера должна обеспечивать их четкую видимость». Разработчик автономного кондиционера это требование выполнил, но дисплей контроллера, светодиоды и ключи управления расположил, как показано на рис. 12.3.



Рисунок 12.3 – Автономный кондиционер

Для контроля параметров кондиционера и/или выполнения переключений оперативному персоналу следует присесть или встать на колени, что является нарушением требований [120] (см. рис. 2.6 и 2.7 настоящего пособия).

Чтобы исключить возможность такого расположения щита управления, достаточно было указать в ТЗ необходимость выполнения требований [120].

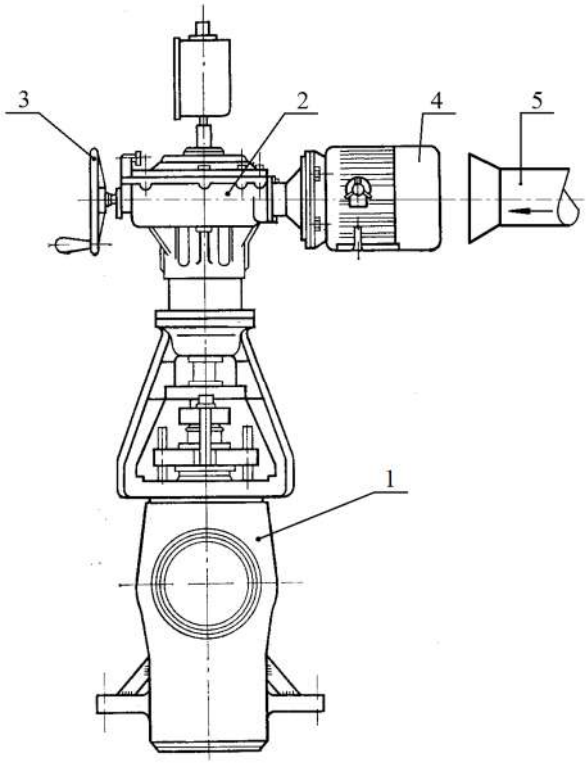
13 Некоторые вопросы применения оборудования систем вентиляции и кондиционирования воздуха

13.1 Обдув электродвигателей и электроприводов

Периодически при эксплуатации Запорожской АЭС имели место случаи перегрева и сгорания обмоток электродвигателей и электромагнитов, для предотвращения этого предлагалось выполнить их обдув средствами вентиляции.

В отдельных случаях такое решение являлось оптимальным (на Запорожской АЭС – за пределами реакторного отделения для регулирующих клапанов на трубопроводах питательной воды ПГ).

Общий вид арматуры с электроприводом показан на рис. 13.1.



Условные обозначения: 1 – корпус арматуры; 2 – редуктор; 3 – ручной дублер; 4 – электродвигатель; 5 – воздуховод.

Рисунок 13.1 – Арматура с электроприводом и дополнительным обдувом

При температуре рабочей среды 165 °С особенности конструкции арматуры (соединение корпуса с редуктором фланцем, применение электродвигателя фланцевого исполнения) привели к тому, что роторы и корпуса электродвигателей нагревались до 80 °С. Так как электродвигатели регулирующих клапанов включаются периодически, встроенные вентиляторы электродвигателей не могли охлаждать оребрение корпуса.

Обмотки электродвигателей регулирующих клапанов нагревались за счет теплопередачи от роторов и корпусов через фланцевые соединения, при включении электродвигателей происходило сгорание обмоток.

Устройство системы обдува электродвигателей регулирующих клапанов на трубопроводах питательной воды ПГ от отдельной системы вентиляции обеспечило охлаждение корпусов и устранило перегрев обмоток.

Но обдув электродвигателей, валы которых соединены с валами насосов муфтами, никакого эффекта не дал, т.к. их встроенные вентиляторы увеличить расход воздуха не могли.

Точно так же не дал эффекта обдув корпуса электромагнитов ИПУ КД, некоторое снижение температуры корпуса никак не повлияло на температуру обмоток электромагнитов.

13.2 Капитальный ремонт и модернизация адсорберов угольных

В связи с наличием по состоянию на 2000 год нескольких сотен адсорберов угольных АУ-1500, АУИ-1500-1, непригодных для эксплуатации (см. 8.4.8 настоящего пособия), администрацией Запорожской АЭС было принято решение об организации их капитального ремонта в ОП АЭМ.

До 2005 года в ОП АЭМ был организован участок, разработана конструкторская и технологическая документация, ТУ на капитальный ремонт адсорберов угольных, в которых были учтены все рекомендации ННЦ ХФТИ. При этом Государственный комитет ядерного регулирования Украины вернул ТУ без согласования, обосновав тем, что рассматривает только технические условия на продукцию, предназначенную для использования в системах, важных для безопасности. Это письмо потом многократно предъявлялось инспекторам надзорных органов, интересующихся, почему ремонт адсорберов угольных производится без согласования с ними.

От повторного использования адсорбента отказались по причинам:

- отсутствия (в угле СКТ-3) импрегнанта или его отравления (в угле СКТ-3И);
- наличия в угле радиоактивных элементов;
- значительного количества разрушенных гранул.

Запорожская АЭС при капитальном ремонте адсорберов угольных выполняла следующие операции:

- демонтаж адсорберов угольных;
- разрезка корпусов адсорберов угольных;
- извлечение из корпусов адсорбента и отправка его на временное хранение;
- дезактивация корпусов, сеток и крышек.

ОП АЭМ при капитальном ремонте адсорберов угольных выполняло следующие операции:

- дефектация корпусов, сеток и крышек, устранение дефектов;
- изготовление деталей согласно конструкторской документации;
- засыпка и уплотнение адсорбента;
- сборка адсорберов угольных;
- проверка перепада давления воздуха на адсорберах угольных;
- проверка герметичности корпуса.

Марка адсорбента в ТУ указана не была, но все его технические характеристики соответствовали углю активированному СКТ-3И производства ЭХМЗ.

В ТУ было предусмотрено измерение эффективности образцов адсорбента по молекулярному йоду-131 и метилйодиду-131:

- при постановке продукции на производство;
- при изменении технологического процесса;
- при применении нового вида адсорбента;
- периодически не реже одного раза в год.

В 2006-2009 годах измерение эффективности образцов адсорбента выполнялось ОЦНТ на технической базе ФГУП РФ ФЭИ. А далее ФГУП РФ ФЭИ лишился лицензии на работу с радиоактивными веществами, измерение эффективности образцов адсорбента по йоду-131 и метилйодиду-131 стало невозможным.

В 2007 году ОП АЭМ были разработаны и согласованы с ГП «НАЭК «Энергоатом» и Государственным комитетом ядерного регулирования Украины ТУ на изготовление адсорберов угольных с возможностью использования ранее корпусов от эксплуатировавшихся на АС адсорберов угольных. Различия ТУ на изготовление адсорберов угольных (в первоначальной редакции) и ТУ на капитальный ремонт адсорберов угольных были минимальные.

Так как качество угля активированного СКТ-3И постоянно ухудшалось, а с 2008 года его производство было прекращено, ОП АЭМ был найден новый изготовитель адсорбента – CarboTech GmbH, ФРГ.

В 2009 году в ОЦНТ были отправлены образцы угля активированного СКТ-3И, C40/4 Extra KI 1,5 (импрегнированного) и D43/4 Extra (неимпрегнированного), результаты измерений эффективности приведены в таблице 13.1.

Таблица 13.1

Наименование параметра и единица измерения	Значение для марки адсорбента			Примечание
	СКТ-3И	C40/4 Extra KI 1,5	D43/4 Extra	
Эффективность по молекулярному йоду-131,%	99,987	99,996	99,951	
Десорбция молекулярного йода-131,%	0,014	0,008	0,042	
Эффективность по метилйодиду-131,%	99,954	99,973	16,610	
Десорбция метилйодида-131,%	0,0014	0,0006	2,99	

Обратите внимание, что уголь активированный D43/4 Extra вполне эффективно очищал воздух от молекулярного йода-131, но показал крайне низкую эффективность при очистке от метилйодида-131. По результатам испытаний в качестве адсорбента для капитального ремонта или изготовления адсорберов угольных был принят уголь активированный C40/4 Extra KI 1,5.

В 2015 году ОП АЭМ потребовало от поставщика угля активированного выполнить измерения эффективности адсорбента по йоду или метилйодиду.

Специализированная организация – TÜV SÜD Energietechnik GmbH, ФРГ провела измерения эффективности образца C40/4 Extra KI 1,5 по метилйодиду-131 согласно [143] при температуре подаваемого воздуха (40±0,5) °С, относительной влажности (95±1)% и скорости движения воздуха 0,5 м/с, результаты приведены в таблице 13.2.

Таблица 13.2

Толщина слоя адсорбента, см	Время контакта, с	Эффективность,%	Примечание
10	0,2	81,5	
20	0,4	96,8	
30	0,6	99,45	
40	0,8	99,904	
50	1,0	99,983	

Так как немецким стандартом [143] нормируется только эффективность адсорберов угольных только по метилйодиду-131, а TÜV SÜD Energietechnik GmbH работает в рамках указанного стандарта, ОП АЭМ в 2016 году были внесены изменения в ТУ, из них исключены: нормируемое значение эффективности адсорберов по молекулярному йоду-131, измерения эффективности образцов адсорбента по молекулярному йоду-131.

Так как фирма CarboTech начала поставлять активированный уголь с нестабильным фракционным составом, в 2018 году ОП АЭМ разработал технические требования и условия поставки адсорбента, в них было указано, что участник торгов одновременно с тендерным предложением должен предоставить:

– протокол измерения эффективности образца адсорбента по метилйодиду-131 в специализированной организации;

– протокол измерения перепада давления воздуха на стенде или 200 кг адсорбента для измерения данного параметра на технологическом адсорбере в ОП АЭМ.

По результатам торгов ОП АЭМ выбран адсорбент RNII 1026 производства HAYCARB, Шри-Ланка.

TÜV SÜD Energietechnik GmbH провела измерения эффективности образца RNII 1026 по метилйодиду-131 согласно [143] при температуре подаваемого воздуха 35 °С, относительной влажности 95% и скорости движения воздуха 0,5 м/с, результаты приведены в таблице 13.3.

Таблица 13.3

Толщина слоя адсорбента, см	Время контакта, с	Эффективность,%	Примечание
10	0,2	86,090	
20	0,4	98,172	
30	0,6	99,756	
40	0,8	99,969	
50	1,0	99,996	

В 2018 году ОП АЭМ были поставлены на производство адсорберы угольные трех исполнений:

– АУ-1500 – с насыпным адсорбентом и приварной крышкой (рис. 13.2);
– АУ-1500С – с насыпным адсорбентом и съемной крышкой (рис. 13.3);
– АУ-1500К – с адсорбентом в картриджах и съемной крышкой (рис. 13.4).

В адсорберах угольных АУ-1500К установлены 4 картриджа, заполненные углем активированным RNII 1024 более мелкой фракции, чем RNII 1026. Адсорберы угольные АУ-1500К можно транспортировать к месту установки со снятыми крышками и картриджами.

TÜV SÜD Energietechnik GmbH провела измерения эффективности образца RNII 1024 по метилйодиду-131 согласно [143] при температуре подаваемого воздуха 30 °С, относительной влажности 95% и скорости движения воздуха 0,2 м/с.

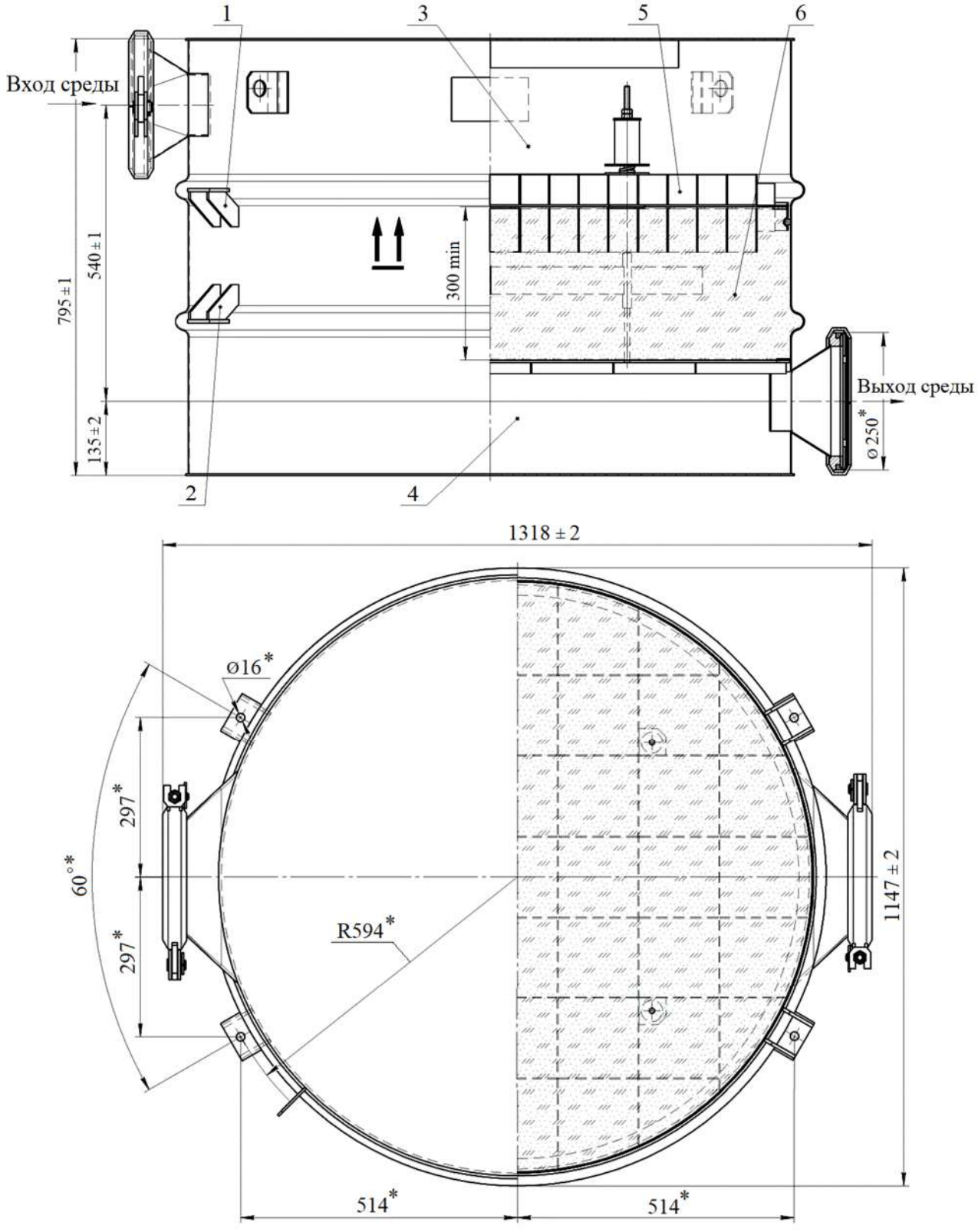
При толщине слоя 50 мм эффективность образца RNII 1024 составила 99,991%, а толщина слоя адсорбента в картридже принята 70 мм.

Независимо от исполнения высота центров патрубков в конструкторской документации указана с допусками, т.е. обеспечена взаимозаменяемость адсорберов угольных. Предусмотрены элементы крепления корпусов адсорберов угольных к строительным конструкциям и между собой, входящих в комплект поставки адсорберов угольных.

Так как высота корпуса адсорбера угольного (см. 8.4.8 настоящего пособия) равна 800 мм, а стандартная ширина герметичной двери также равна 800 мм, транспортировка его через дверной проем представляет определенные трудности, ОП АЭМ предусмотрел при изготовлении новых адсорберов угольных (см. рис.) высоту корпуса (795±1) мм.

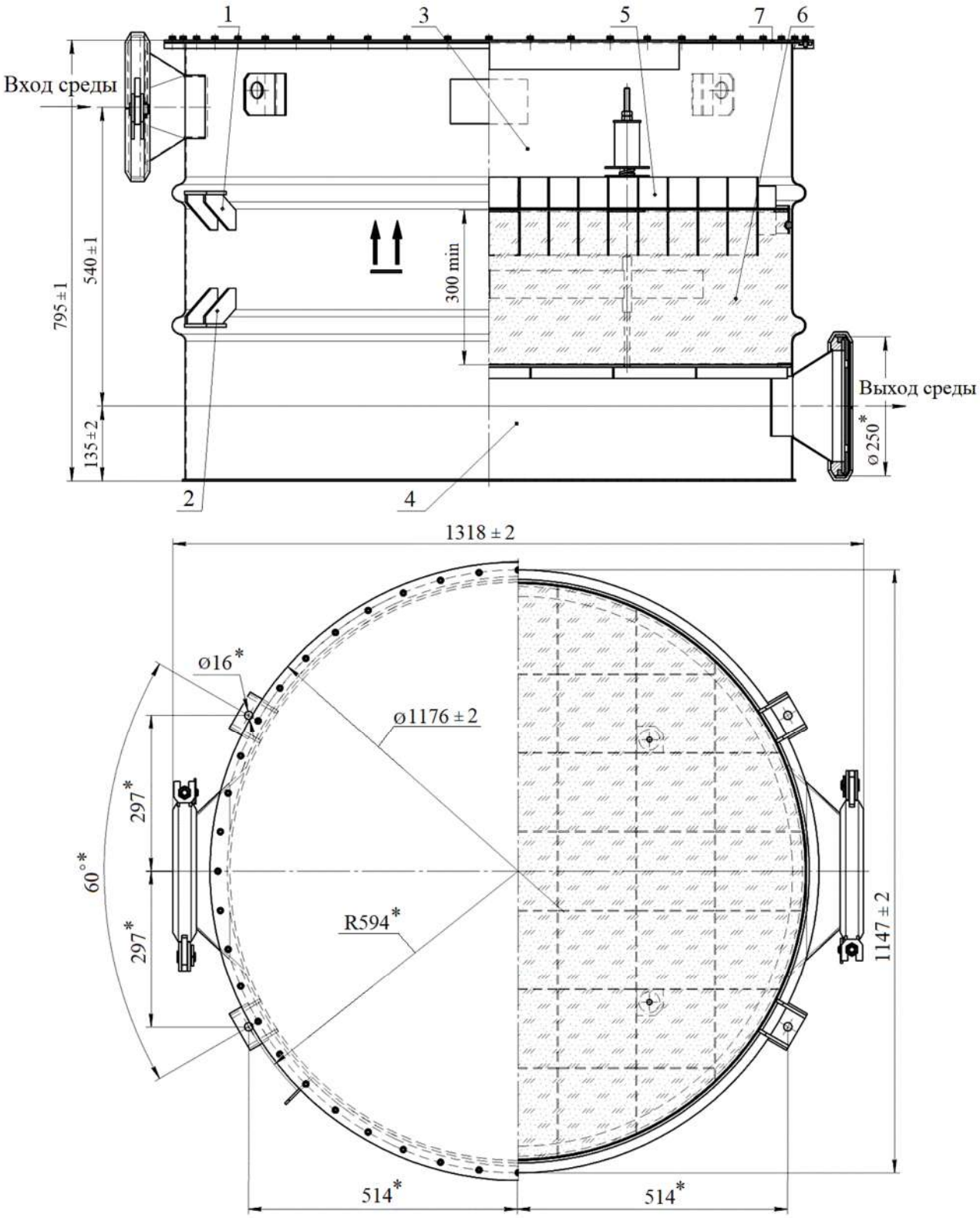
Предусмотрена возможность повторного использования корпусов адсорберов угольных, вышедших из строя при эксплуатации в составе систем вентиляции.

У образцов адсорбента, применяемого для изготовления адсорберов угольных АУ-1500, АУ-1500С, предварительно измерялась в специализированной организации эффективность по метилйодиду-131 при нескольких значениях высоты слоя адсорбента. Далее на основании протоколов измерений данного параметра рассчитывалась высота слоя адсорбента, обеспечивающая эффективность по метийодиду-131 не менее 99%. Эффективность образцов адсорбента, измеренная в специализированной организации при ближайшей меньшей высоте слоя адсорбента, записывалась в паспорта адсорберов угольных.



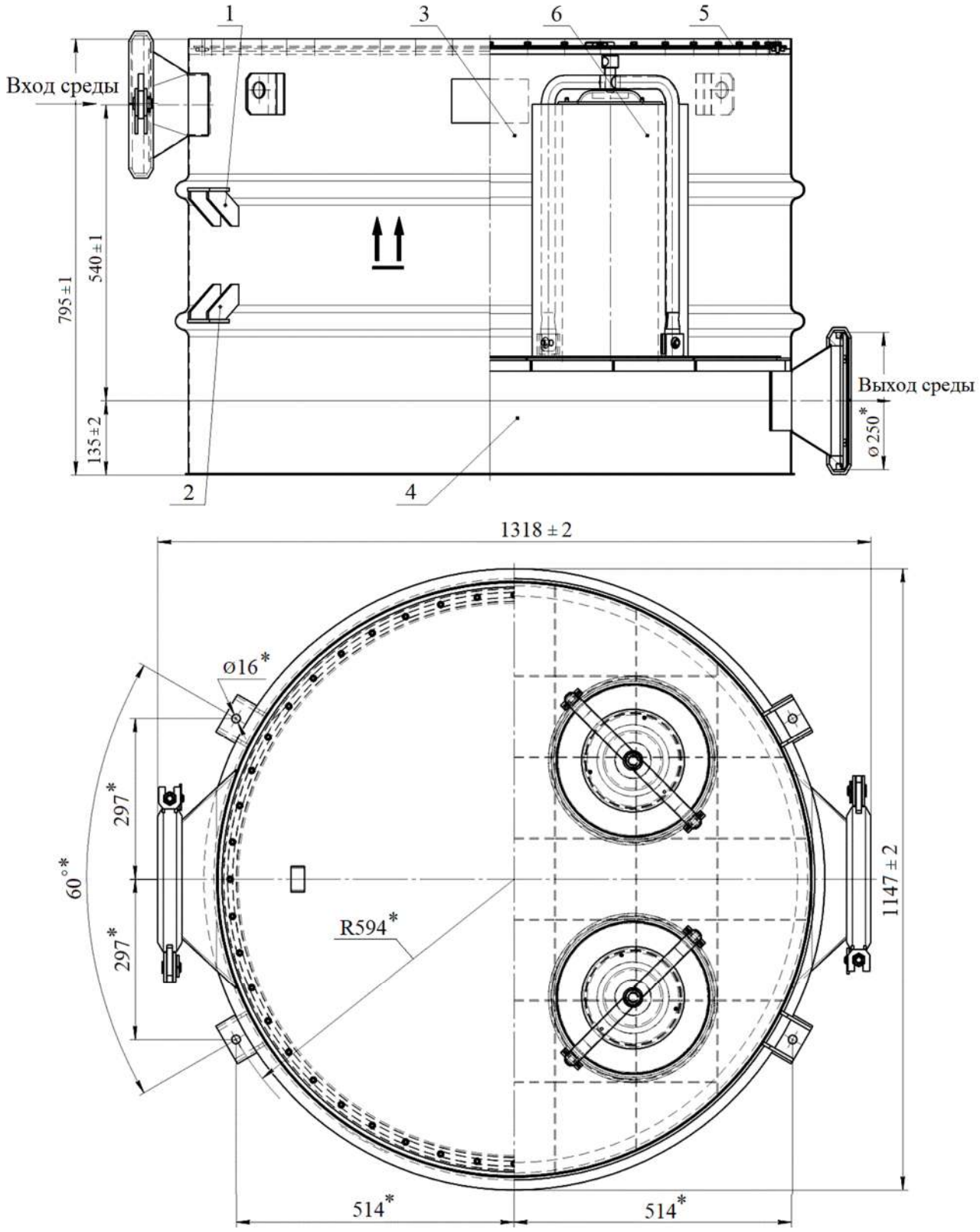
Условные обозначения: 1, 2 – кронштейны; 3 – камера входная;
4 – камера выходная; 5 – решетка подпружиненная; 6 – адсорбент.

Рисунок 13.2 – Общий вид адсорбера АУ-1500



Условные обозначения: 1, 2 – кронштейны; 3 – камера входная; 4 – камера выходная; 5 – решетка подпружиненная; 6 – адсорбент; 7 – крышка съемная.

Рисунок 13.3 – Общий вид адсорбера АУ-1500С



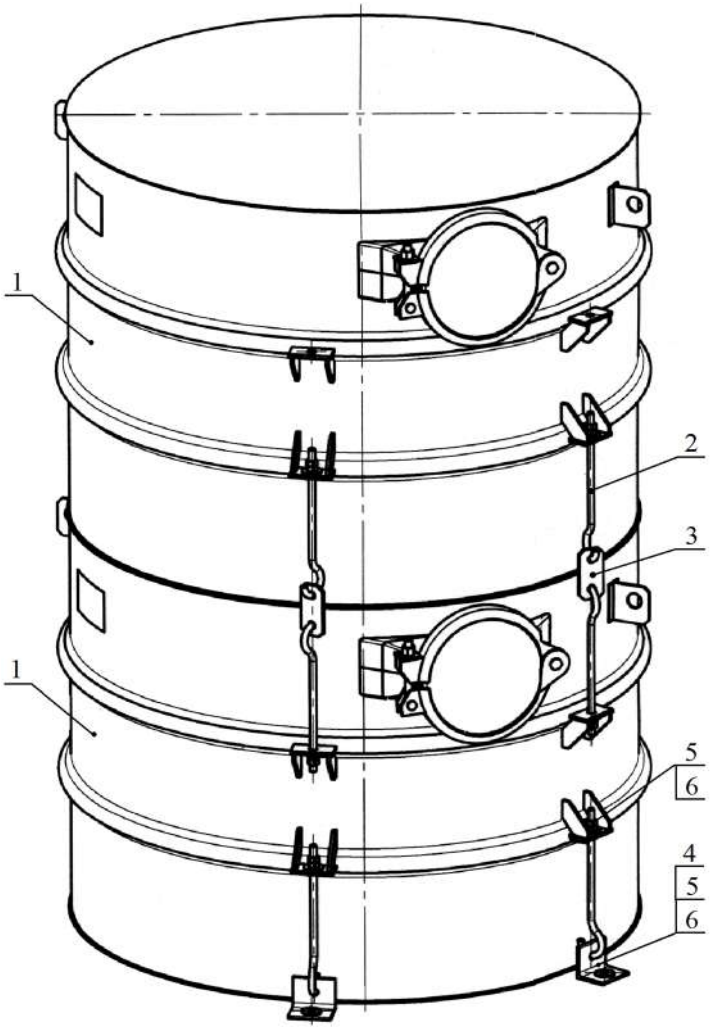
Условные обозначения: 1, 2 – кронштейны; 3 – камера входная;
4 – камера выходная; 5 – крышка съемная; 6 – картридж.

Рисунок 13.4 – Общий вид адсорбера АУ-1500К

Адсорберы угольные могут устанавливаться независимо от исполнения:

– непосредственно на фундаменты или перекрытия (на выровненную поверхность);
– на стальные рамы.

Крепление адсорберов угольных к строительным конструкциям (металлоконструкциям) и между собой показано на рис. 13.5.



Условные обозначения: 1 – адсорбер угольный; 2 – крюк; 3 – звено; 4 – уголок; 5 – гайка; 6 – шайба.

Рисунок 13.5 – Крепление адсорберов к строительным конструкциям и между собой

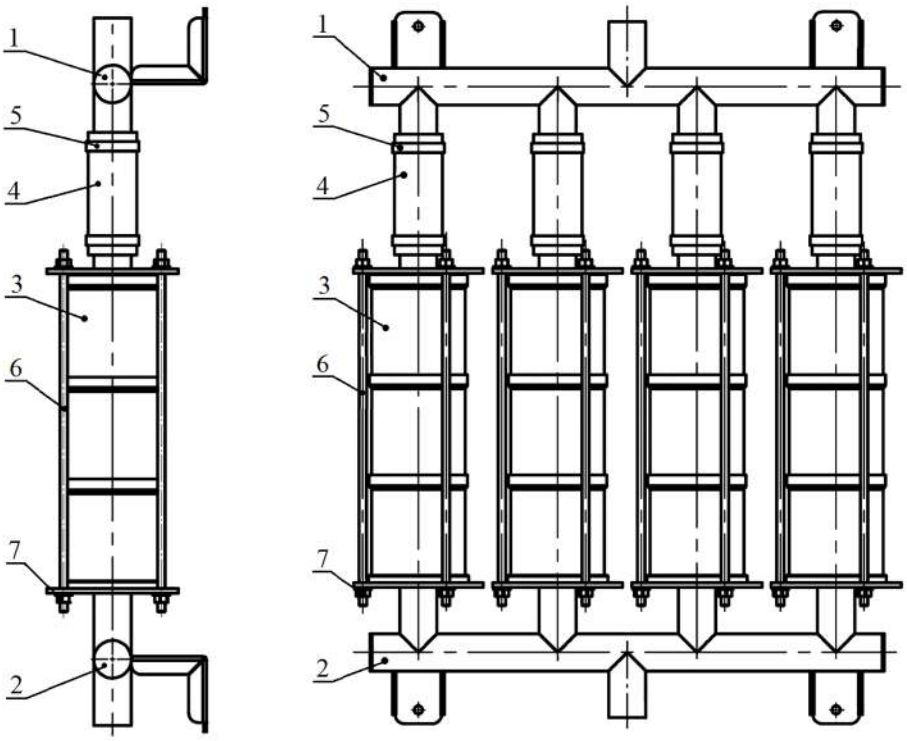
В конструкции адсорбера угольного предусмотрено по четыре пары кронштейнов. В фундаментах или перекрытиях выполняются отверстия и устанавливаются анкеры клиновые, к ним последовательно крепятся уголки и крюки, затягиваются гайки. Между адсорберами угольными устанавливаются крюки и звенья, затягиваются гайки.

Предусмотрено изготовление по отдельной конструкторской документации панелей контрольных адсорберов, предназначенных для установки на байпасных линиях адсорберов угольных (групп адсорберов угольных).

Общий вид панели контрольных адсорберов показан на рис. 13.6, устройство съемного патрона – на рис. 13.7.

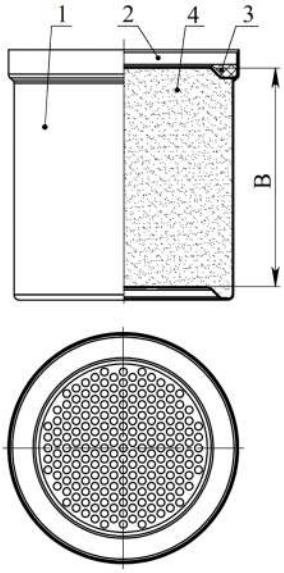
Каждая панель контрольных адсорберов состоит из четырех групп съемных патронов, заполненных тем же адсорбентом, что и адсорберы угольные с высотой слоя (размер В на рис. 13.7): 50 мм; 70 мм; 100 мм, суммарная высота слоя адсорбента в группе последовательно установленных съемных патронов должна быть равна высоте слоя адсорбента в адсорберах угольных (картриджах).

Панели контрольных адсорберов должны быть закреплены на строительных конструкциях или металлоконструкциях и подключены трубопроводами с внутренним диаметром не менее 25 мм и длиной не более 10 м к воздуховодам (коллекторам) до и после адсорберов угольных (групп адсорберов угольных). Оси входных коллекторов панелей контрольных адсорберов должны находиться не ниже осей входных патрубков адсорберов угольных (верхних адсорберов угольных).



Условные обозначения: 1 – коллектор входной; 2 – коллектор выходной; 3 – съемный патрон; 4 – шланг; 5 – хомут; 6 – шпилька; 7 – гайка.

Рисунок 13.6 – Панель контрольных адсорберов



Условные обозначения: 1 – корпус; 2 – крышка; 3 – уплотнение; 4 – адсорбент.

Рисунок 13.7 – Съемный патрон

В настоящее время Запорожская АЭС не имеет возможности закупки адсорберов угольных.

13.3 О поддержании избыточного давления воздуха в помещениях щитов управления и АСУТП

В 8.3 [249] было впервые записано, что в помещениях щитов управления, а также в помещениях УВС, УКТС, АКНП, СУЗ и систем связи с объектом следует предусматривать постоянное избыточное давление воздуха не менее 20 Па (2 кгс/м^2).

В 13.10.5 [34] записано, что для создания противодымного избыточного давления воздуха в помещениях БПУ, РПУ, УВС, АНКП, СУЗ допускается использовать приточно-вытяжные общеобменные системы вентиляции этих помещений или системы кондиционирования воздуха путем создания дисбаланса.

В рабочей документации предусмотрено создание дисбаланса (объемный расход приточного воздуха на 20% более объемного расхода вытяжного воздуха) в помещениях БПУ, УКТС, РПУ, УВС, АНКП, СУЗ. Но обеспечение дисбаланса при ПНР является сложной и трудоемкой операцией.

При модернизации систем кондиционирования воздуха блока № 3 были приняты следующие проектные решения на примере помещений АЭ408/1, АЭ438/1 (рис. 13.8):

– демонтированы воздуховоды вытяжной системы вентиляции UV21 в пределах помещений АЭ408/1, АВ413/1, АЭ438/1;

– освободившаяся проходка в помещении АВ413/1 заглушена;

– на освободившихся проходках установлены КИД (см. 8.3.8 настоящего пособия) для поддержания избыточного давления воздуха 20 Па в помещениях АЭ408/1, АЭ438/1.

На воздуховодах систем вентиляции установлены противопожарные клапаны.

Такое проектное решение позволит обеспечить поддержание нормируемого значения избыточного давления воздуха в помещениях УКТС (ПТК) и АКНП, возможность его визуального контроля (по положению тарели КИД).

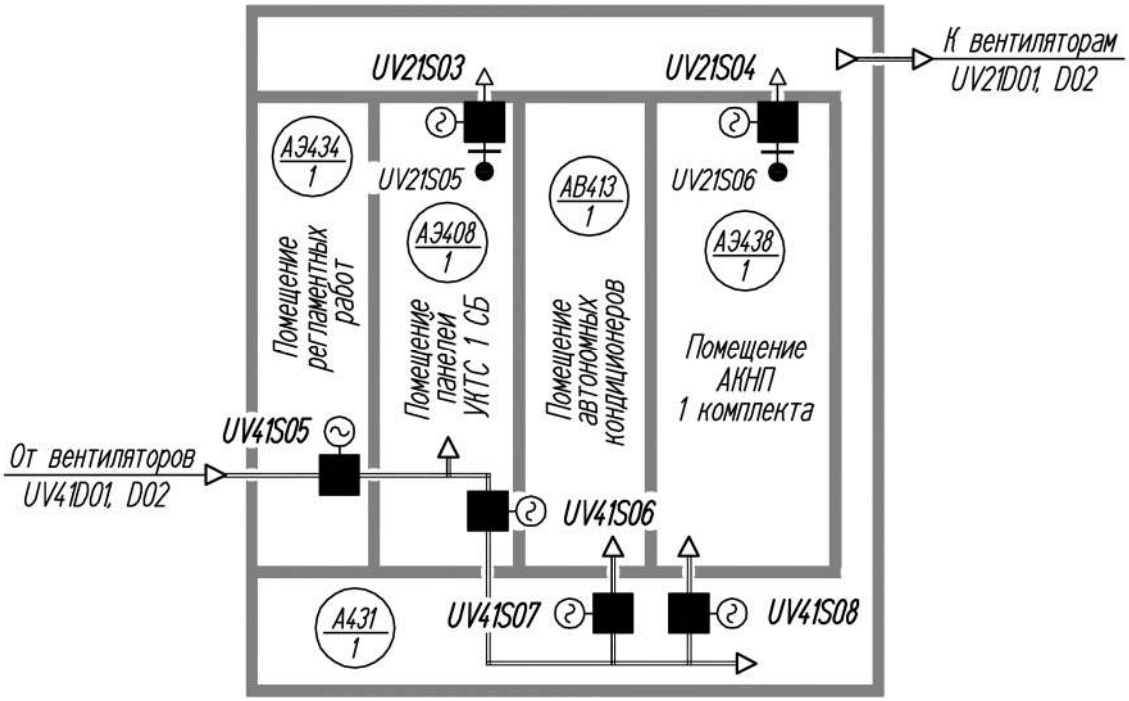


Рисунок 13.8 – Принципиальная схема систем вентиляции
в помещениях АЭ408/1 и АЭ438/1 после модернизации

В 8.2.4 [250] указано, что в помещениях БПУ и РПУ должно быть предусмотрено постоянное избыточное давление воздуха не менее 20 Па для защиты от задымления из соседних помещений и коридоров.

Данное требование выполнено при модернизации систем кондиционирования воздуха блоков № 1, 3, 4, 5:

– в стенах помещений БПУ выполнены дополнительные проходки, на них установлены КИД и клапаны противопожарные (см. рис. 13.9);

– в помещения РПУ предусмотрена подача воздуха только от аварийной системы.

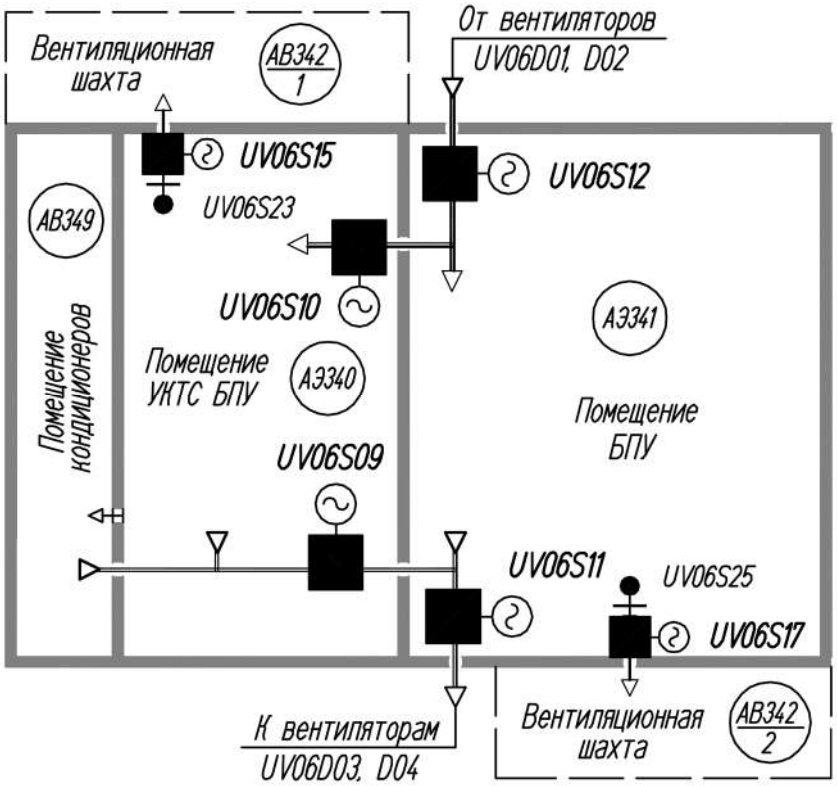


Рисунок 13.9 – Принципиальная схема систем вентиляции
в помещениях АЭ340 и АЭ341 после модернизации

13.4 Проверка герметичности помещений

13.4.1 Вакуумирование ЛСБ-СГО

При выполнении ПНР и периодически герметичность ЛСБ-СГО проверяется методом вакуумирования, для чего согласно программе:

– закрывается локализующая арматура систем TL21 (кроме локализующей группы вентилятора системы TL21, предназначенного для ввода в работу), TL22, TL41, TL42, TL48;

– вводится в работу один вентилятор системы TL21;

– при достижении в ЗЛА значения давления воздуха от минус 0,03 кгс/см^2 до минус 0,05 кгс/см^2 закрыть локализующую группу работающего вентилятора системы TL21 и отключить вентилятор;

– выполнить изнутри ЗЛА поиск дефектов (мест протечек);

– после окончания осмотра повысить в ЗЛА давление воздуха до атмосферного.

На блоке № 1 при выполнении данной операции в первый раз в работу были введены вентиляторы TL21D02 и TL21D03, иначе заданное давление воздуха в гермооболочке обеспечить не удавалось.

13.4.2 Проверка герметичности помещений с АУГП

Стандартом [251] нормируется герметичность помещений с АУГП, а именно, после выпуска ГОТВ в защищаемое помещение в течение не менее 10 минут концентрация ГОТВ должна быть не менее 85% от нормативного значения.

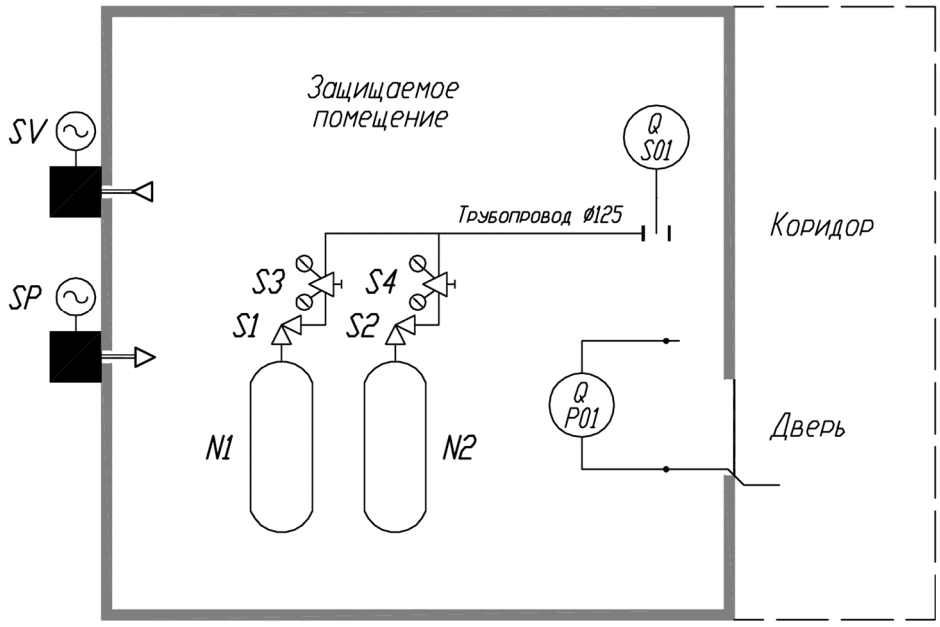
Этот же стандарт требует проведения испытаний помещений на герметичность. На рис. 13.10 показана аэродверь с дифференциальным манометром, вентилятором, комплектом установки в проем и воздухонепроницаемой тканью.



Рисунок 13.10 – Аэродверь для проверки герметичности помещений

Специалистами Запорожской АЭС применены более простые технические средства для проверки герметичности помещений с АУГП.

Схема измерений при выполнении данной проверки приведена на рис. 13.11.



Условные обозначения: N1, N2 – баллоны с азотом; S1, S2 – вентили угловые;
S3, S4 – редукторы; SP, SV – клапаны противопожарные с электроприводом;
Q – переносное СИ; S – измерение скорости движения воздуха; P – измерение давления воздуха.

Рисунок 13.11 – Схема измерений при проверке герметичности помещений

По программе в помещения завозятся два баллона емкостью 40 л со сжатым азотом под давлением 15 МПа (150 кгс/см^2) с редукторами на максимальный объемный расход не менее 250 м^3/ч. Шланг от редакторов присоединяется к съемном участку трубопровода D=125 мм.

Клапаны противопожарные на стенах защищаемого помещения и двери помещения должны быть закрыты.

При проведении проверок:

– открываются вентили на баллонах с азотом, устанавливается объемный расход азота, обеспечивающий избыточное давление воздуха в помещении от 25 Па до 65 Па;

– измеряется температура воздуха в помещении, избыточное давление воздуха в помещении, скорость движения воздуха через трубопровод.

Время измерения должно быть не менее 60 с, скорость движения воздуха через трубопровод должна быть не более значения, для примера приведенного в таблице 13.4.

Таблица 13.4 – Максимальная скорость движения воздуха в трубопроводе D=125 мм при проверке герметичности помещения АЭ408/1

Избыточное давление воздуха в помещении, Па	Температура воздуха в помещении, °С						
	18	20	22	24	26	28	30
25	6,28	6,30	6,33	6,35	6,37	6,39	6,41
…	…	…	…	…	…	…	…
65	10,13	10,17	10,20	10,23	10,27	10,30	10,34

Все значения, приведенные в таблице 13.4, были заранее рассчитаны для обеспечения требований стандарта [251].

В стандарте [65] нормируется параметр негерметичности помещений с АУГП, но требований о проверке герметичности указанных помещений нет.

13.5 О нормированных подсосах воздуха через неплотности клапанов дымовых и воздуховодов в системах вытяжной противодымной вентиляции

Подсосы воздуха через неплотности закрытых противопожарных и дымовых клапанов влияют на параметры систем вентиляции в разной степени:

– на воздуховодах общеобменной вентиляции при пожаре в каком-либо помещении соответствующий клапан противопожарный нормально открытый закрывается, остальные клапаны противопожарные остаются открытыми;

– на воздуховодах систем вытяжной противодымной вентиляции при пожаре открывается, как правило, только один клапан дымовой, остальные клапаны дымовые остаются закрытыми.

Согласно 7.5 [49], при определении расхода удаляемых продуктов горения следует учитывать:

– подсосы воздуха через неплотности каналов систем вытяжной противодымной вентиляции;

– подсосы воздуха через неплотности закрытых противопожарных клапанов по данным протоколов сертификационных испытаний (фактическим значениям удельной характеристики дымогазопроницанию испытываемых образцов), но не более чем определяемые по формуле:

$$G_{da} = F_d \times \left(\frac{\Delta P_d}{S_d}\right)^{\frac{1}{2}}, \text{ м}^3/\text{ч} \qquad (13.1)$$

где F_d – площадь проходного сечения клапана, м^2;

ΔP_d – перепад давления на закрытом клапане, Па;

S_d – удельная характеристика сопротивления дымогазопроницанию клапана, м^3/кг

Согласно 5.1.4 [52], 7.5 [49], минимальная допустимая величина сопротивления дымогазопроницанию для клапанов различного конструктивного исполнения не должна быть менее 2400 м^3/кг.

Выполним расчет потерь давления в воздуховодах системы вытяжной противодымной вентиляции UV58D14 на одном из блоков с РУ В-320 (рабочая документация разработана, но не реализована).

Расчетная схема системы вытяжной противодымной вентиляции показана на рис. 13.12.

Расчет потерь давления в воздуховодах выполним согласно 9.2 [219] при следующих условиях:

- пожар произошел на отм. -4,200;
- дымовой клапан открыт на этаже пожара, остальные дымовые клапаны закрыты;
- объемный расход дыма, удаляемого из коридора, определен расчетом;
- расчетная температура воздуха принята 20 °С;
- класс герметичности воздуховодов принят С по [49];
- значения подсосов воздуха через закрытый клапан рассчитаны в соответствии с требованиями 5.1.4 [52], 7.5 [49];
- сечения воздуховодов и клапанов дымовых приняты с учетом ограничений их размеров на действующем блоке;
- на выходе из сборного воздуховода устанавливается противовзрывное устройство, состоящее из двух секций УЗС-8.

Значения объемного расхода воздуха на участке воздуховода определяются по формуле:

$$L_n^{в} = L_{n-1}^{в} + L_{n-1}^{вв} + L_{n-1}^{вк}, \text{ м}^3/\text{ч} \quad (13.2)$$

где $L_{n-1}^{в}$ – объемный расход воздуха на предыдущем участке воздуховода, м^3/ч;

$L_{n-1}^{вв}$ – объемный расход воздуха, подсасываемого через неплотности воздуховода на предыдущем участке, м^3/ч;

$L_{n-1}^{вк}$ – объемный расход воздуха, подсасываемого через неплотности закрытого дымового клапана на предыдущем участке, м^3/ч.

Значения отрицательного статического давления воздуха в участке воздуховода определяются по формуле:

$$P_n = P_{n-1} + \frac{\Delta P_n}{2}, \text{ Па} \quad (13.3)$$

где P_{n-1} – отрицательное статическое давление воздуха в предыдущем участке воздуховода, Па;

ΔP_n – потери давления воздуха на текущем участке воздуховода, Па.

Значения потерь давления воздуха на противовзрывном устройстве определяются по формуле:

$$\Delta P_{пв} = \Delta P_{пв\ ном} \times \left(\frac{L_ф}{L_{ном}}\right)^2, \text{ Па} \quad (13.4)$$

где $\Delta P_{пв\ ном}$ – значение потерь давления воздуха на противовзрывном устройстве при номинальном расходе воздуха, Па;

$L_ф$ – фактический объемный расход воздуха через противовзрывное устройство, м^3/ч;

$L_{ном}$ – номинальный объемный расход воздуха через противовзрывное устройство, м^3/ч

Параметры противовзрывного устройства приняты:

- номинальный объемный расход воздуха – 16 000 м^3/ч;
- потери давления воздуха при номинальном объемном расходе воздуха – 150 Па.

Значения подсосов воздуха через закрытые дымовые клапаны определяются по формуле (13.1).

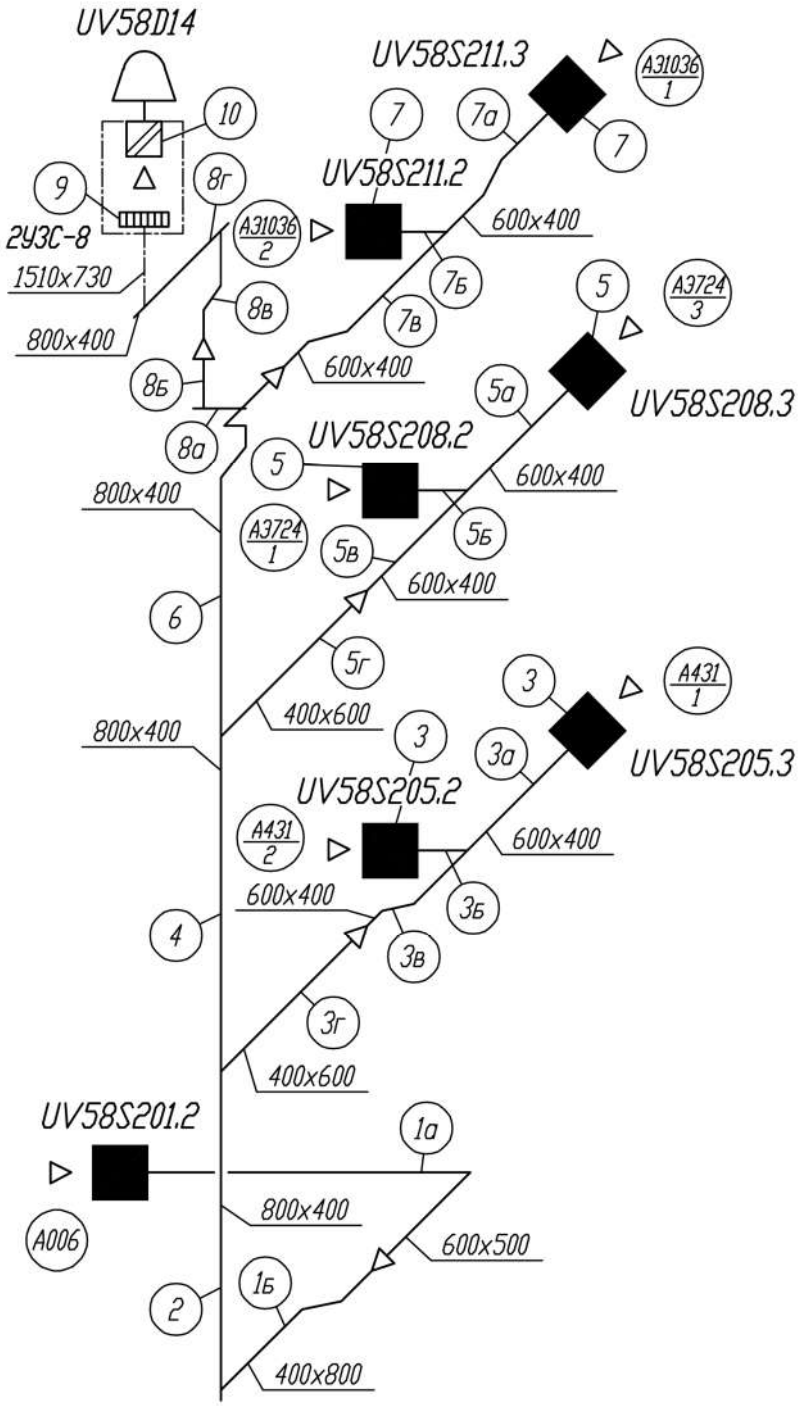


Рисунок 13.12 – Расчетная схема системы вытяжной противодымной вентиляции

Расчет подсосов воздуха через неплотности воздуховодов приведен в таблице 13.5.

Таблица 13.5

Номер участка	Размеры воздуховодов				Отрицательное статическое давление воздуха в воздуховоде, Па	Значения подсосов воздуха через неплотности, $м^3/ч$
	Диаметр (ширина), мм	Высота, мм	Длина, м	Периметр, $м^2$		
1	2	3	4	5	6	7
1а	600	500	20	44	630	113
1б	400	600	5	10	885	32
2	800	400	19	45,6	1147	173
3а	600	400	6	12	1261	48
3б	600	400	1,5	3	1261	12

1	2	3	4	5	6	7
3в	600	400	1,5	3	1261	12
3г	400	600	5,5	11	1261	44
4	800	400	12	28,8	1331	120
5а	600	400	7	14	1401	60
5б	600	400	1	2	1401	9
5в	600	600	1	2,4	1401	10
5г	400	600	5,5	11	1401	47
6	800	400	17	40,8	1487	183
7а	600	400	3	6	1574	28
7б	600	400	1	2	1574	9
7в	600	400	6	12	1574	56
8	600	500	7	15,4	1727	76
					Всего:	**1034**

Расчет подсосов воздуха через закрытые дымовые клапаны приведен в таблице 13.6.

Таблица 13.6

Обозначение клапана	Размеры клапана, мм		Отрицательное статическое давление воздуха в воздуховоде, Па	Значения подсоса воздуха через закрытые клапаны, $м^3/ч$
	Ширина	Высота		
UV58S205.2	600	400	1261	520
UV58S205.3	600	400	1261	520
UV58S208.2	600	400	1401	548
UV58S208.3	600	400	1401	548
UV58S211.2	600	400	1574	581
UV58S211.3	600	400	1574	581
			Всего:	**3297**

Расчет потерь давления воздуха в сети приведен в таблице 13.7.

Таблица 13.7

Номер участка	Объемный расход воздуха, $м^3/ч$	Диаметр (ширина) воздуховода, мм	Высота воздуховода, мм	Длина воздуховода, м	КМС	Скорость движения воздуха в воздуховоде, м/с	Коэффициент трения	Динамическое давление воздуха, Па	Потери давления воздуха по длине, Па	Потери давления воздуха в местных сопротивлениях, Па	Суммарные потери давления воздуха, Па
1	14 730	600	400	0,0	3,0	17,0	0,012	174,4	0	523	523
1а	14 730	600	500	20,0	1,5	13,6	0,012	111,6	47	167	214
1б	14 843	400	600	5,0	1,5	17,2	0,014	177,1	31	266	296
2	14 875	800	400	19,0	2,0	12,9	0,012	100,0	28	200	228
4	16 204	800	400	12,0	1,0	14,1	0,012	118,7	21	119	139
6	17 547	800	400	17,0	1,0	15,2	0,012	139,2	34	139	174
8	18 985	600	500	7,0	1,5	17,6	0,012	185,4	27	278	305
9	19 061	Потери давления на противовзрывном устройстве									220
10	19 061	630	630	1,0	2,0	13,3	0,012	106,8	2	214	216
										Итого:	**2315**

Обеспечить значения объемного расхода и полного давления воздуха, приведенные в таблице 13.7, может вентилятор радиальный дымоудаления ВРАН9-090-ДУВ-F с электродвигателем N=30 кВт при частоте вращения рабочего колеса 1400 об/мин. Аэродинамическая характеристика вентилятора приведена на рис. 13.13.

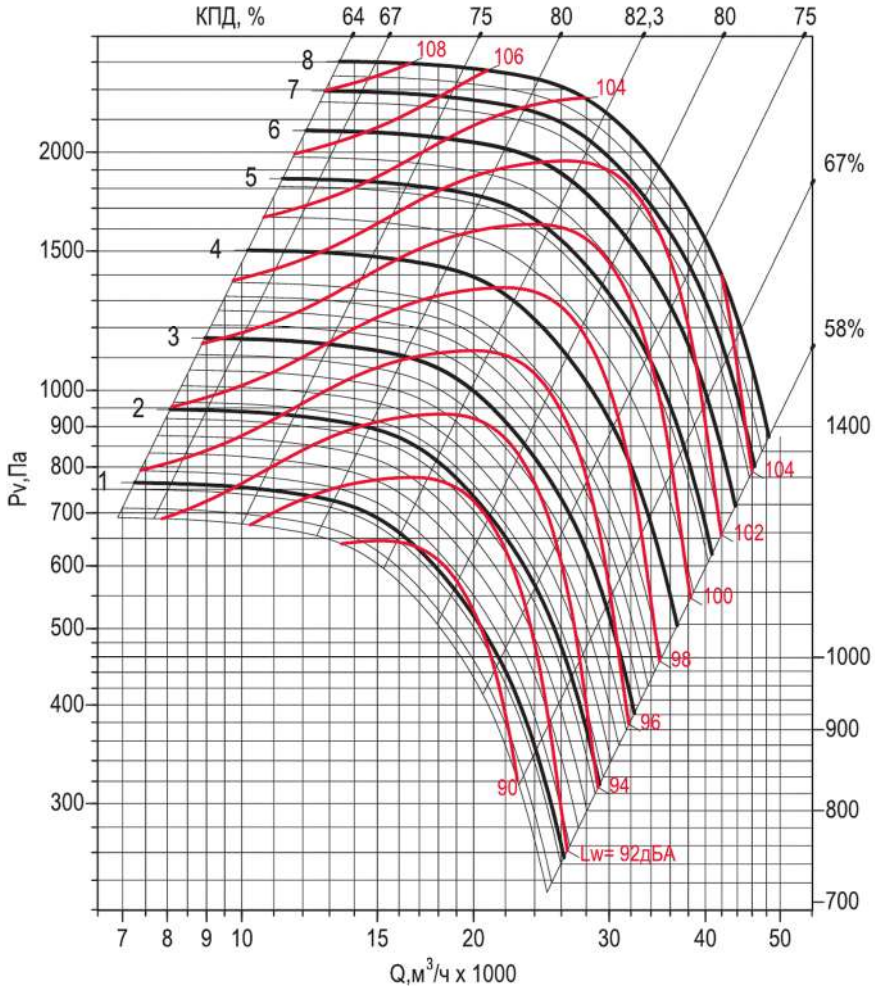


Рисунок 13.13 – Аэродинамическая характеристика вентилятора ВРАН9-090-ДУВ-F

Выполним расчет потерь давления воздуха в этой же системе при условии установки клапанов дымовых, соответствующих требованиям стандартов [61], [63].

Значения подсосов воздуха через закрытые дымовые клапаны определяются по формуле:

$$L_{кл} = S_{кл} \times F_{кл} \times \left(\frac{P_{кл}}{300}\right)^{0,5}, \text{ м}^3/\text{ч} \qquad (13.5)$$

где $S_{кл}$ – нормируемое значение удельного подсоса воздуха через закрытый клапан при перепаде давления воздуха на нем 300 Па (см. таблицу А.1), $\frac{м^3}{ч \cdot м^2}$;

$F_{кл}$ – площадь сечения клапана, м^2;

$P_{кл}$ – перепад давления воздуха на закрытом клапане, Па.

Расчет подсосов воздуха через неплотности воздуховодов приведен в таблице 13.8.

Таблица 13.8

Номер участка	Размеры воздуховодов				Отрицательное статическое давление воздуха в воздуховоде, Па	Значения подсосов воздуха через неплотности, $м^3/ч$
	Диаметр (ширина), мм	Высота, мм	Длина, м	Периметр, $м^2$		
1а	600	500	20	44	630	113
1б	400	600	5	10	885	32
2	800	400	19	45,6	1147	173
3а	600	400	6	12	1261	48
3б	600	400	1,5	3	1261	12
3в	600	400	1,5	3	1261	12
3г	400	600	5,5	11	1261	44
4	800	400	12	28,8	1324	120
5а	600	400	7	14	1387	60
5б	600	400	1	2	1387	9
5в	600	600	1	2,4	1387	10
5г	400	600	5,5	11	1387	47
6	800	400	17	40,8	1459	181
7а	600	400	3	6	1530	27
7б	600	400	1	2	1530	9
7в	600	400	6	12	1530	55
8	600	500	7	15,4	1645	74
					Всего:	**1026**

Расчет подсосов воздуха через закрытые дымовые клапаны приведен в таблице 13.9.

Таблица 13.9

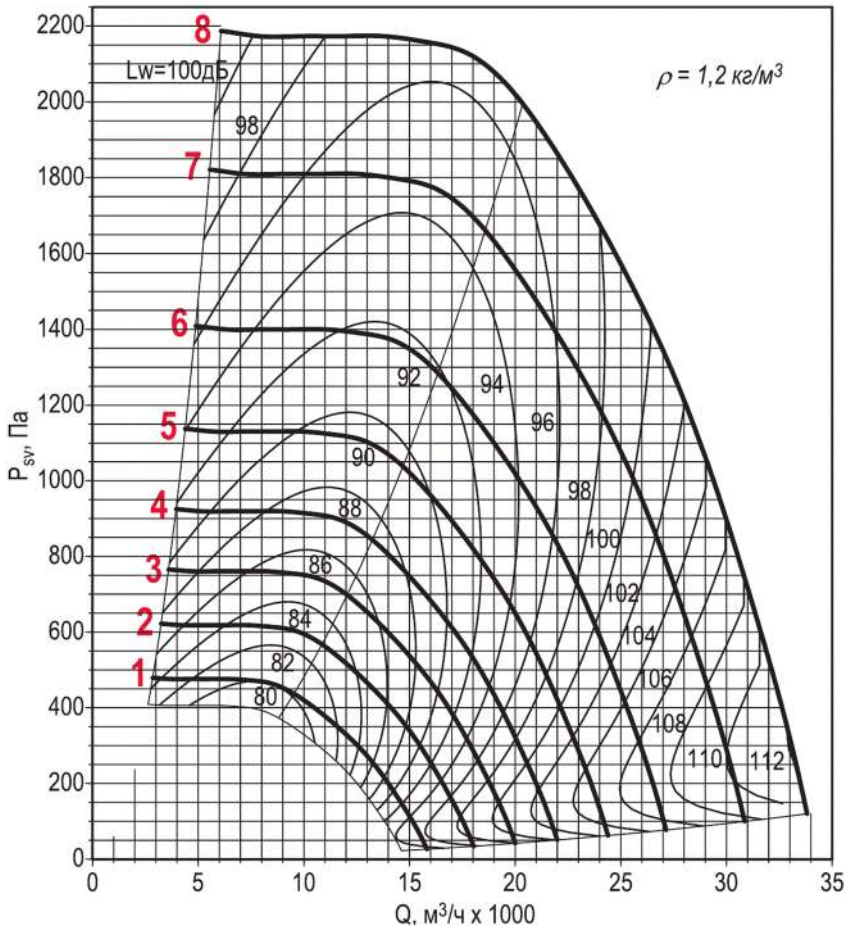
Обозначение клапана	Размеры клапана, мм		Отрицательное статическое давление воздуха в воздуховоде, Па	Значения подсоса воздуха через закрытые клапаны, $м^3/ч$
	Ширина	Высота		
UV58S205.2	600	400	1261	122
UV58S205.3	600	400	1261	122
UV58S208.2	600	400	1387	130
UV58S208.3	600	400	1387	130
UV58S211.2	600	400	1530	138
UV58S211.3	600	400	1530	138
			Всего:	**781**

Расчет потерь давления воздуха в сети приведен в таблице 13.10.

Таблица 13.10

Номер участка	Объемный расход воздуха, м^3/ч	Диаметр (ширина) воздуховода, мм	Высота воздуховода, мм	Длина воздуховода, м	КМС	Скорость движения воздуха в воздуховоде, м/с	Коэффициент трения	Динамическое давление воздуха, Па	Потери давления воздуха по длине, Па	Потери давления воздуха в местных сопротивлениях, Па	Суммарные потери давления воздуха, Па
1	14 730	600	400	0,0	3,0	17,0	0,012	174,4	0	523	523
1а	14 730	600	500	20,0	1,5	13,6	0,012	111,6	47	167	214
1б	14 843	400	600	5,0	1,5	17,2	0,014	177,1	31	266	296
2	14 875	800	400	19,0	2,0	12,9	0,012	100,0	28	200	228
4	15 408	800	400	12,0	1,0	13,4	0,012	107,4	19	107	126
6	15 914	800	400	17,0	1,0	13,8	0,012	114,5	28	115	143
8	16 463	600	500	7,0	1,5	15,2	0,012	139,4	20	209	229
9	16 537	Потери давления на противовзрывном устройстве									170
10	16 537	630	630	1,0	2,0	11,6	0,012	80,4	2	161	162
										Итого:	**2092**

Обеспечить значения объемного расхода и полного давления воздуха, приведенные в таблице 13.10, может вентилятор крышный радиальный дымоудаления КРОС91-063-ДУВ-F с электродвигателем N=15 кВт при частоте вращения рабочего колеса 2128 об/мин. Аэродинамическая характеристика вентилятора приведена на рис. 13.14.



Условные обозначения частоты вращения рабочего колеса, об/мин:
1 – 996; 2 – 1135; 3 – 1259; 4 – 1384; 5 – 1535; 6 – 1708; 7 – 1942; 8 – 2128.

Рисунок 13.14 – Аэродинамическая характеристика вентилятора КРОС91-063-ДУВ-F

Значения, полученные при расчетах параметров системы вытяжной противодымной вентиляции, сводим в таблицу 13.11.

Таблица 13.11

Наименование параметра и единица измерения	Применяемые дымовые клапаны		Примечание
	по [49]	по [61], [63]	
Расчетный объемный расход дыма, удаляемого из коридора, $м^3/ч$	14 730	14 730	
Суммарные подсосы через неплотности воздуховодов, $м^3/ч$	1034	1026	
Суммарные подсосы через закрытые дымовые клапаны, $м^3/ч$	3297	781	
Расчетный объемный расход воздуха вентилятора, $м^3/ч$	19 061	16 537	
Расчетное полное давление вентилятора, Па	2315	2092	
Установленная мощность электродвигателя вентилятора, кВт	30	15	

Из таблицы 13.11 видно, что для рассчитываемой системы вытяжной противодымной вентиляции применение дымовых клапанов согласно [49] или [52] является худшим решением, чем применение клапанов дымовых согласно [61] или [63].

13.6 Об алгоритмах управления системами приточной противодымной вентиляции

Системы приточной противодымной вентиляции, спроектированные по требованиям [30], [31], обеспечивают создание нормируемого избыточного давления воздуха на путях эвакуации при открытых наружных дверях.

По режимным требованиям, наружные двери лестничных клеток РО должны быть закрыты и находиться под круглосуточным контролем. Двери выходов на кровлю должны быть закрыты на электромагнитные замки. Оставлять двери открытыми без присмотра запрещено. Открытие наружных дверей лестничных клеток РО и выходов на кровлю разрешается в случаях аварии или пожара.

По требованиям инструкции [2], двери аварийных выходов РО должны быть оборудованы охранной сигнализацией и обеспечены непрерывным видеонаблюдением, со стороны ЗКД – опечатаны и закрыты на кремальеры. Со стороны ЗСД кремальеры с дверей должны быть демонтированы.

По требованиям пункта 7.20 [49], системы приточной противодымной вентиляции должны включаться:

- с БПУ;
- с МЩУ;
- с любой кнопки управления на лестничной клетке;
- от АПС.

Таким образом, системы приточной противодымной вентиляции могут включиться ранее, чем будут открыты наружные двери лестничных клеток.

При проведении ПНР системы приточной противодымной вентиляции на блоке № 5 после модернизации был создан нерасчетный режим: при закрытой наружной двери лестничной клетки были включены три вентилятора. При этом избыточное давление воздуха в лестничной клетке установилось 850 Па, открыть двери из холла на отм. 24,600 в лестничную клетку не удалось никому.

В случае повторения такой ситуации персонал не сможет попасть на лестничную клетку, а отключить вентиляторы приточной противодымной вентиляции возможно только с БПУ или МЩУ на отм. 41,400.

На блоках № 1-4 при модернизации системы приточной противодымной вентиляции UV58 было предусмотрено поддержание избыточного давления воздуха на лестничных клетках в диапазоне (20-150) Па независимо от того, открыты или закрыты наружные двери.

Модернизация систем приточной противодымной вентиляции TL44 на блоках № 1-6 и UV58 на блоках № 5, 6 Запорожской АЭС в настоящее время не по силам.

13.7 Об обеспечении нормируемой скорости движения воздуха в шлюзах гермооболочки

В 10.15 [3] указано:

«В открываемых проемах реакторного зала в смежные помещения с меньшим уровнем радиоактивного загрязнения воздушной среды при нормальной эксплуатации и ремонтных работах за счет систем вентиляции следует обеспечивать скорость удаляемого воздуха не менее 1 м/с».

При размерах дверей основного и аварийного шлюза (1,2х2,0) м и D=1 м соответственно минимальная разность расходов воздуха приточной и вытяжной систем вентиляции составит 8640 $м^3$/ч и 2826 $м^3$/ч.

Инструкцией по эксплуатации СГО разрешено в ППР блока открывать одновременно основной и аварийный шлюз.

Проектные значения расхода воздуха систем TL21, TL41 приведены в таблице 10.10, из нее видно, что разность проектных значений расхода воздуха вентиляторов TL21D01 и TL41D01 составляет 7250 $м^3$/ч, при ПНР ее доводили до 9000 $м^3$/ч, что обеспечило выполнение требований 10.15 [3].

Но при эксплуатации блоков значение скорости движения воздуха в дверных проемах шлюзов может изменяться при наличии одного или нескольких исходных событий:

- открытия эксплуатационного люка на отм. 13,200;
- загрязнения аэрозольных фильтров системы TL21D01;
- истирания адсорбента в адсорберах угольных системы TL21D01.

Поэтому имеется потребность в периодическом измерении скорости движения воздуха в дверных проемах шлюзов и регулировании расхода воздуха вентилятора TL41D01.

Технически задача решается путем:

- установки электропривода на направляющем аппарате вентилятора TL41D01;
- монтажа рядом со шлюзами пультов дистанционного управления электроприводом направляющего аппарата вентилятора TL41D01;
- монтажа кабельных связей между пультами дистанционного управления и электроприводом направляющего аппарата;
- выдачи анемометра оперативному персоналу;
- разработки памятки по регулированию скорости движения воздуха в дверных проемах шлюзов.

Но на действующих блоках это невыполнимо.

На блоках Запорожской АЭС обеспечение требований 10.15 [3] выполняется за счет сборки схемы вентилятора TL41D01 в контрольном положении, при включении данного вентилятора его электродвигатель не запускается, клапаны и заслонки воздушные открываются, обеспечивая естественный приток воздуха в гермооболочку.

Верхняя граница скорости движения воздуха через шлюзы гермооболочки в НД не регламентирована.

При ППР блоков неоднократно имели место случаи, когда при вводе в работу системы TL21D01 и отключенных вентиляторах системы TL41 или закрытой локализующей арматуре системы TL41 поступление воздуха в гермооболочку происходило только через основной и аварийный шлюз.

При этом:

– скорость движения воздуха в дверных проемах шлюзов находилась в пределах (3-6) м/с;

– помещения АВ618, АВ908 и коридор А915 находились под разрежением, в них поступал воздух из лестничных клеток и шахты АВ913 неорганизованно;

– поток воздуха в дверных проемах шлюзов с персонала срывал шапочки, воздействовал на вносимые в гермооболочку приборы, шланги, кабели.

Конечно, оперативный персонал принимал меры по устранению таких явлений.

13.8 О требованиях нормативных документов к ПФВУ

В 10.36 [3], 8.14 [134] указано, что при операциях, связанных с резкой, сваркой и зачисткой загрязненного радионуклидами оборудования и трубопроводов, должны предусматриваться мобильные (передвижные) вентиляционные устройства, обеспечивающие локальное удаление образующихся радиоактивных и токсических веществ. Удаляемый воздух должен подвергаться очистке на фильтрах.

В 3.9.16 [135] указано, что в помещениях для работ I класса и отдельных работ II класса должна быть обеспечена возможность подключения передвижных вытяжных установок к системам вытяжной вентиляции.

В РО блоков Запорожской АЭС подключить передвижные вентиляционные установки к вытяжным системам вентиляции невозможно, т.к. воздуховоды систем вентиляции ЗКД:

– не рассчитаны на дополнительный расход воздуха;

– в фундаментной части смонтированы в недоступных местах – или под потолком коридоров на отм. -4,200; 0,000; 6,600; 13,200 или в теле фундаментных плит на отм. 0,000; 13,200;

– в обстройке смонтированы в трубопроводных шахтах А414/3, 4, доступ к ним крайне сложен.

Фактически в действующих НД отсутствуют требования к ПФВУ, при этом:

– специалисты по вентиляции АС не знают, какие технические требования предъявлять к ПФВУ;

– разработчики ППР на ремонт технологического оборудования не включают в него требования к применению ПФВУ;

– инспекторы по охране труда и радиационной безопасности в лучшем случае требуют формального наличия ПФВУ в ремонтных подразделениях;

– ремонтный персонал вполне обходится без ПФВУ, в лучшем случае, когда загазованность на рабочих местах превышает все нормы, применяются передвижные вентиляционные установки общепромышленного исполнения без очистки воздуха.

В таблице 13.12 приведен перечень отсутствующих в НД требований в ПФВУ.

Таблица 13.12

Название требований	Отсутствующие требования
К применению ПФВУ	Перечень ремонтных операций, при которых применение ПФВУ обязательно. Минимальное количество передвижных вентиляционных установок для выполнения ремонтных работ. Включение в ППР на ремонт технологического оборудования: – схем транспортировки ПФВУ к месту производства работ; – комплектности и технических характеристик ПФВУ; – мест установки ПФВУ (условие – не мешать ремонтным операциям); – схем прокладки гибких шлангов (воздуховодов); – мест расположения воздухоприемных устройств; – мест выброса очищенного воздуха

Название требований	Отсутствующие требования
К конструкции ПФВУ	Наличие исполнений с различной комплектацией фильтрами: – общего назначения и аэрозольными; – общего назначения, аэрозольными и йодными. Возможность установки (подключения) различных воздухоприемных устройств: – подъемно-поворотного вытяжного устройства; – местного отсоса на магнитном держателе; – гибкого воздуховода. Наличие штуцеров для измерения перепада давления воздуха на фильтрах переносными СИ. Наличие грузозахватных устройств для возможности подъема ГПМ. Возможность транспортирования на места использования по назначению: – в кузове грузового автомобиля; – в кабине грузового или грузопассажирского лифта; – краном или другим ГПМ; – по пандусам или направляющим, установленным на лестничных маршах, на колесах; – по бетонному полу или металлическому полу из просечно-вытяжного листа на колесах
К техническим характеристикам ПФВУ	Номинальный расход воздуха. Максимальная длина гибких шлангов (воздуховодов). Максимальная длина кабеля электроснабжения. Максимальные габаритные размеры и масса. Максимальная мощность электродвигателя. Группа механического исполнения по [241]. Усилие для перемещения ПФВУ по просечно-вытяжному листу под углом к горизонтали

В 8.10 приведено описание передвижной вентиляционной установки ПФВА-1200, в ТУ на которую приведены все требования, указанные в таблице 13.12. К сожалению, она была изготовлена в единичном экземпляре и находится на Хмельницкой АЭС.

13.9 О требованиях нормативных документов к системам воздухоснабжения пневмокостюмов

Требования нормативных документов к системам воздухоснабжения пневмокостюмов приведены в таблице 13.13.

Таблица 13.13

Параметр	Значение, указанное в нормативном документе		
	[34]	[134]	[3]
Расход воздуха от системы воздухоснабжения на один пневмокостюм	15 $м^3$/ч при температуре окружающего воздуха ниже 30 °С и (18-24) $м^3$/ч при температуре 30 °С и выше (13.6.9)	Не менее 15 $м^3$/ч при температуре до 30 °С и не менее 24 $м^3$/ч при температуре свыше 30 °С (8.15)	10 $м^3$/ч, при температуре в помещении 30 °С и выше не менее 24 $м^3$/ч (п. 10.40); (250-400) л/мин (15.7)
Давление воздуха в месте присоединения шланга пневмокостюма	В каждой точке присоединения шланга давление воздуха должно быть не менее 5 000 Па (13.6.9)	В каждой точке присоединения шланга в СИЗ давление воздуха должно быть не менее 5000 Па (8.15)	Избыточное давление в гребенках в расчете на одно СИЗ должно быть не менее 500 Па (50 кг/$м^2$) (10.40, 15.7)

Требования к размещению распределительных гребенок и длине шлангов указаны только в [3]:

– распределительные гребенки, как правило, следует размещать в пределах обслуживаемых помещений. Места присоединения шлангов должны находиться не далее 20 м от мест предполагаемой работы персонала. Допускается прокладка пневмолиний и размещение распределительных гребенок в помещения зоны локализации аварии (10.38);

– стационарная система воздухоснабжения должна иметь воздухораспределительные гребенки для одновременного подключения не менее двух шланговых СИЗ во всех потенциально опасных помещениях. Расстояние между соседними воздухораспределительными гребенками должно быть не более 40 м (15.7).

Рассмотрим выполнимость требований указанных НД.

Системы воздухоснабжения пневмокостюмов проектировались для работы с пневмокостюмами ЛГ-4А, пневмокуртками ПК-1 и пневмошлемами ЛИЗ-5, общий вид которых показан на рис. 13.15.



а) Пневмокостюм ЛГ-4А



б) Пневмокуртка ПК-1



в) Пневмошлем ЛИЗ-5

Рисунок 13.15 – Шланговые СИЗ

Шланговые СИЗ комплектуются рукавами резиновыми напорными с текстильным каркасом КШ-20-0,3-20000 по [252], их технические характеристики:

– внутренний диаметр – 20 мм;

– наружный диаметр – 26 мм;

– рабочее давление – 0,03 МПа.

Выполним расчет потерь давления воздуха в рукавах между гребенками воздухораспределительными гребенками и шланговыми СИЗ по формулам 9.1-9.5 [219].

Коэффициент трения и КМС для гофрированных рукавов принимаем по диаграммам 2.13 [253] и 6.24 [253] соответственно, расчет приведен в таблице 13.14.

Таблица 13.14

Расход воздуха, $м^3/ч$	Диаметр шланга, мм	Длина шланга, м	КМС	Скорость движения воздуха в шланге, м/с	Коэффициент трения	Динамическое давление, Па	Потери давления по длине, Па	Потери давления в местных сопротивлениях, Па	Суммарные потери давления, Па
15	20	20	4	13,3	0,026	105,6	2713	422	3136
18	20	20	4	15,9	0,026	152,0	3907	608	4515
24	20	20	4	21,2	0,026	270,3	6946	1081	8027

Из изложенного выше можно сделать следующие выводы:

– обеспечение расхода воздуха на один пневмокостюм более 18 $м^3/ч$ при длине шланга 20 м и внутреннем диаметре 20 мм невозможно физически;

– в 8.15 [134] приведена неточная формулировка: «…точке присоединения шланга в СИЗ …» можно понять как: «…точке присоединения шланга к СИЗ …» или: «…точке присоединения шланга от СИЗ …». Первая трактовка невозможна физически, т.к. все избыточное давление воздуха в гребенке расходуется на преодоление потерь давления в присоединительном рукаве;

– в 10.40, 15.7 [3] имеется ошибка, возникшая при пересмотре [176].

Примечание – В 10.43 [176] указано: «В каждой точке присоединения шланга СИЗ к системе давление воздуха должно быть не менее 5000 Па (500 $кг/м^2$)»;

Требования к очистке воздуха, подаваемого в шланговые СИЗ, указаны в 13.6.10 [34] и 10.3 [3]: должен быть установлен аэрозольный фильтр тонкой очистки, т.е., согласно [14] фильтр, имеющий классификационное обозначение от F7 до F9.

Эквивалентные классы фильтров общего назначения по [15] приведены в таблице 2.10.

13.10 О холодопроизводительности автономных кондиционеров при стандартных условиях и реальных условиях эксплуатации на АС

Для автономных кондиционеров номинальная холодопроизводительность на время разработки рабочей документации Запорожской АЭС определялась при стандартных условиях согласно [254], а именно:

– при номинальном расходе воздуха;

– при параметрах воздуха на входе: температуре 27 °С и относительной влажности 50%;

– при температуре охлаждающей воды 24 °С.

Технические характеристики автономных кондиционеров, установленных на Запорожской АЭС, приведены в таблице 13.15.

Таблица 13.15

Наименование параметра и единица измерения	Марка кондиционера			
	КТА1-4-01А	КПА1-4,4-01	КТА1-10-01	КПА1-11-01
Номинальный объемный расход воздуха, $м^3/ч$	4000	4400	10 000	11 000
Холодопроизводительность при стандартных условиях, кВт	18,6	22,0	46,5	51,0

Процесс охлаждения воздуха в автономном кондиционере при стандартных условиях в I-d диаграмме показан на рис. 13.16.

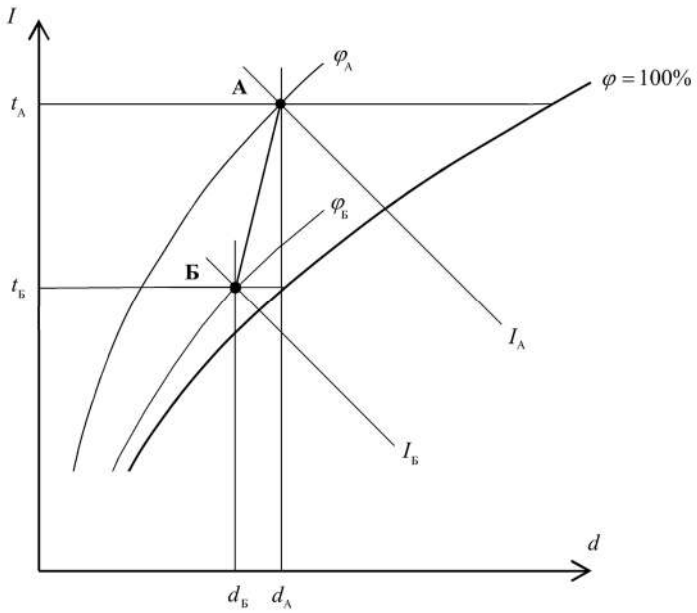


Рисунок 13.16 – Процесс охлаждения воздуха в автономном кондиционере при стандартных условиях

Параметры воздуха в точках А и Б при стандартных условиях согласно таблице 13.15 и температуре оребрения испарителя 13 °С приведены в таблице 13.16.

Таблица 13.16

Наименование параметра и единица измерения	Марка кондиционера			
	КТА1-4-01А	КПА1-4,4-01	КТА1-10-01	КПА1-11-01
Параметры воздуха в точке А:				
– температура, °С	27			
– относительная влажность,%	50			
– удельная энтальпия, кДж/кг	55,8			
– влагосодержание, г/кг	11,2			
Параметры воздуха в точке Б:				
– температура, °С	16,8	16,0	16,8	16,8
– относительная влажность,%	83	86	83	82
– удельная энтальпия, кДж/кг	41,8	40,8	41,8	41,9
– влагосодержание, г/кг	9,8	9,7	9,8	9,8
Холодопроизводительность по явному теплу, кВт	14,1	16,6	35,1	38,5
Холодопроизводительность по скрытому теплу, кВт	4,5	5,4	11,4	12,5
Влаговыпадение, кг/ч	6,4	7,6	16,0	17,6

Если сравнить соотношение значения холодопроизводительности по явному теплу и влаговыпадения при работе автономных кондиционеров при стандартных условиях согласно таблице 13.16 настоящего пособия, и соотношение явного тепла и влаги, выделяемого человеком согласно таблице 1.9 [219], можно сделать вывод, что стандарт [254] содержит требования для автономных кондиционеров, предназначенных для комфортного кондиционирования воздуха.

Обратите внимание, что на рис. 13.16 показан процесс охлаждения воздуха на стенде, чтобы воздух с параметрами, описываемыми точкой А, приобрел параметры, описываемые точкой Б, его необходимо нагреть и увлажнить, на стенде это технически возможно.

Но, так как в помещениях с электрическим и электронным оборудованием влагопоступлений практически нет (влагопоступлениями от персонала и приточной вентиляции можно пренебречь), то автономные кондиционеры на АС в стандартных условиях работать не могут, т.е., не могут обеспечить номинальное значение холодопроизводительности. Даже при наличии каких-либо влагопоступлений в обслуживаемом помещении значение холодопроизводительности автономных кондиционеров по явному теплу не изменится.

Рассмотрим режим работы автономного кондиционера, например, КПА1-11-01 (см. таблицу 13.16 настоящего пособия) в реальных условиях эксплуатации на АС при следующих исходных данных:

- объемный расход воздуха – 11 000 м^3/ч;
- номинальная холодопроизводительность в стандартном режиме – 51 кВт;
- температура воздуха на входе в кондиционер – 27 °С;
- относительная влажность воздуха на выходе из кондиционера – не более 85%;
- влагопоступления в обслуживаемых помещениях – отсутствуют;
- значение температуры поверхности испарителя – то же, что при работе автономного кондиционера в стандартном режиме.

Процессы охлаждения воздуха в автономном кондиционере в стандартном режиме и при реальных условиях эксплуатации на АС показаны на рис. 13.17.

Луч A-B отображает процесс обработки воздуха в автономном кондиционере, точка C описывает состояние воздуха на поверхности испарителя в стандартном режиме.

Луч D-E отображает процесс обработки воздуха в автономном кондиционере, точка C описывает состояние воздуха на поверхности испарителя в реальных условиях эксплуатации.

Параметры точек на рис. 13.17 приведены в таблице 13.17.

Таблица 13.17

Параметр и единица измерения	Значение в точке				
	A	B	C	D	E
Температура, °С	27,0	15,4	12,9	27,0	16,8
Относительная влажность,%	42	85	100	50	82
Влагосодержание, г/кг	9,3	9,3	9,3	11,2	9,8
Удельная энтальпия, кДж/кг	51,0	39,1	36,5	55,8	41,9
Расход воздуха, м^3/ч	11 000				
Холодопроизводительность общая, кВт	43,7		-	51,0	

Таким образом, при отсутствии влагопоступлений в обслуживаемых помещениях при прочих равных исходных данных холодопроизводительность автономных кондиционеров не может быть более 85% от значения данного параметра в стандартном режиме.

В § 56 [255] приведена формула для определения общей холодопроизводительности автономного кондиционера при нестандартных значениях температуры воздуха на входе кондиционера и температуры охлаждающей воды на входе конденсатора.

После редактирования получаем формулу:

$$Q_x = Q_{x.nac} + Q_{x.nac} \times [(t_v - t_{v.cm}) \times 0{,}035 + (t_{w.cm} - t_w) \times 0{,}02], \text{ кВт} \qquad (13.6)$$

где $Q_{x.nac}$ – общая холодопроизводительность в стандартных условиях, кВт;

t_v – температура воздуха на входе в кондиционер, °С;

$t_{v.cm}$ – стандартная температура воздуха на входе в кондиционер, °С;

$t_{w.cm}$ – стандартная температура воды на входе в конденсатор, °С;

t_w – температура воды на входе в конденсатор, °С.

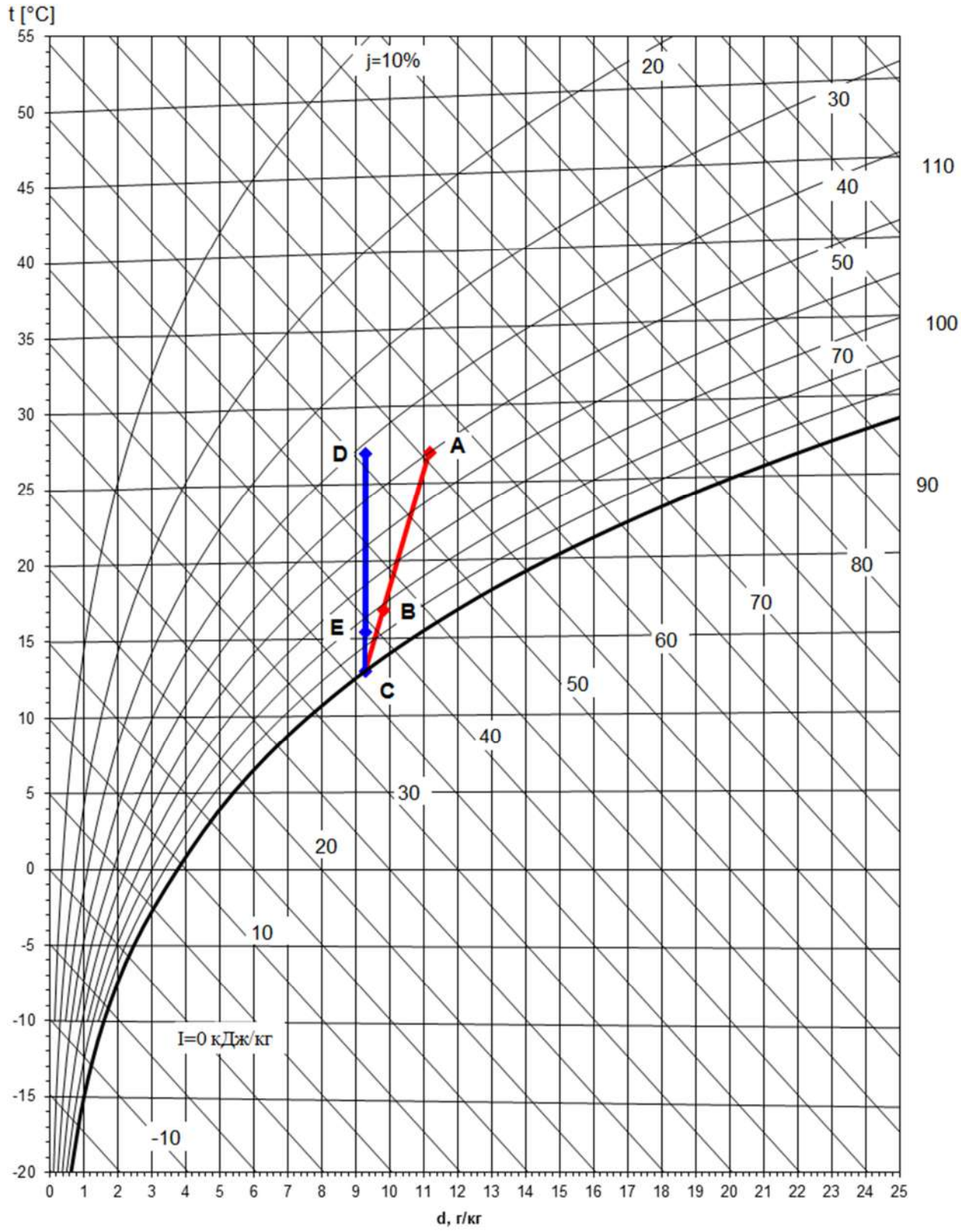


Рисунок 13.17 – Процессы охлаждения воздуха в автономном кондиционере при стандартных и при реальных условиях

Из изложенного выше можно сделать следующий вывод, что при отсутствии влагопоступлений в обслуживаемых помещениях нельзя применять значение холодопроизводительности автономных кондиционеров в стандартном режиме:

– для проверочного расчета систем кондиционирования воздуха;

– в качестве критерия успешного проведения проверок систем кондиционирования воздуха на соответствие проектным характеристикам.

При необходимости можно применять значение холодопроизводительности автономных кондиционеров в стандартном режиме для указанных целей с поправочным коэффициентом:

– при отсутствии влагопоступлений в обслуживаемые помещения – 0,85;

– при нестандартных значениях температуры воздуха на входе кондиционера и температуры охлаждающей воды на входе конденсатора – рассчитанными по формуле (13.6).

Рекомендуется требовать от предприятий-изготовителей предоставления данных об общей холодопроизводительности автономных кондиционеров в режимах, приведенных, например, в таблице 8.16 настоящего пособия.

13.11 О значениях перепада давления воздуха на фильтрах (адсорберах угольных)

Рассмотрим различия в требованиях ТУ и ТЗ в части значений перепада давления воздуха на фильтрах аэрозольных. В рабочей документации приведены, например, значения перепада давления воздуха:

– начального – 400 Па;

– конечного (ВРГ согласно функциональной схеме) – 1000 Па.

В ТЗ на закупку фильтров аэрозольных специалисты АС должны указать значения начального и конечного перепада давления воздуха, а затем определить, выполняются ли эти требования в ТУ одного или нескольких производителей. Причем указывать точные значения данных параметров ни в ТУ, ни в ТЗ нельзя по понятным причинам.

Возможные варианты записей в ТЗ и ТУ, а также последствия для Заказчика и Изготовителя приведены в таблице 13.18.

Таблица 13.18

Документ	Параметр, требования и единица измерения		Что означают требования	Заключение о требовании
ТУ	Начальный перепад давления воздуха	Не более 400 Па	Значение данного параметра обеспечивается для продукции данной марки при соблюдении требований конструкторской и технологической документации и подтверждается при проведении приемо-сдаточных испытаний	Правильное
		Не менее 400 Па	Непредсказуемое значение данного параметра при проведении приемо-сдаточных испытаний и в составе системы вентиляции у Заказчика	Ошибочное
	Конечный перепад давления воздуха	Не более 1000 Па	При значении данного параметра более 1000 Па предприятие-изготовитель не гарантирует выполнение фильтром своих функций, он подлежит замене или регенерации	Правильное
		Не менее 1000 Па	Предоставляет Заказчику возможность эксплуатации фильтра до выхода его из строя, например, разрыва фильтрующего материала и предъявления Изготовителю претензий за низкое качество продукции	Ошибочное
ТЗ	Начальный перепад давления воздуха	Не более 400 Па	Значение данного параметра записано в рабочей документации в таблице технических характеристик систем вентиляции	Правильное
		Не менее 400 Па	Предоставляет Изготовителю возможность назначения начального перепада давления воздуха, например, 900 Па. И за сокращение срока службы фильтра Изготовитель не будет нести ответственность	Ошибочное

Документ	Параметр, требования и единица измерения		Что означают требования	Заключение о требовании
ТЗ	Конечный перепад давления воздуха	Не более 1000 Па	Предоставляет Изготовителю возможность назначения конечного перепада давления воздуха, например, 500 Па, после чего фильтр подлежит замене или регенерации. И за сокращение срока службы фильтра Изготовитель не будет нести ответственность	Ошибочное
		Не менее 1000 Па	Требует выполнения заданных функций фильтром при значении перепада давления воздуха 1000 Па	Правильное

Таким образом, правильным является указание в ТУ и ТЗ требований к перепаду давления воздуха на фильтрах аэрозольных согласно таблице 13.19.

Таблица 13.19

Параметр и единица измерения	Требования в документе	
	ТУ	ТЗ
Начальный перепад давления воздуха, Па	Не более 400	Не более 400
Конечный перепад давления воздуха, Па	Не более 1000	Не менее 1000

Известен один случай оформления справки о выявленных несоответствиях.

На другой АС при входном контроле партии фильтров аэрозольных комиссия нашла несоответствие ТЗ на их закупку и эксплуатационной документации, показанное в таблице 13.20.

Таблица 13.20

Параметр и единица измерения	Требования в документе	
	ТУ	ТЗ
Начальный перепад давления воздуха, Па	От 300 Па до 380 Па, но не более 400	Не более 500
Конечный перепад давления воздуха, Па	Не более 1000	Не менее 1000

Причем особое мнение технического специалиста не было принято во внимание, потребовалось разъяснение от предприятия-изготовителя для снятия замечаний.

13.12 О значениях перепада давления воздуха на фильтрах аэрозольных, предназначенных для работы в режиме самоочищения

Для фильтров аэрозольных, предназначенных для работы в режиме самоочищения, требования к начальному перепаду давления воздуха являются второстепенными, они те же, что и в таблице 13.18.

Требования к перепаду давления воздуха на фильтрах аэрозольных в режиме самоочищения приведены в таблице 13.21.

Таблица 13.21

Документ	Перепад давления воздуха на фильтре в режиме самоочищения	Что означают требования	Заключение о требовании
ТУ	Не более 3000 Па	Предприятие-изготовитель гарантирует, что при переходе в режим самоочищения фильтр будет выполнять свои функции, а перепад давления воздуха на нем не превысит заданное значение	Правильное
	Не менее 3000 Па	Предприятие-изготовитель не ограничивает перепад давления воздуха на фильтре в режиме самоочищения, что предоставляет Заказчику возможность его эксплуатации до разрыва фильтрующего материала	Ошибочное
ТЗ	Не более 3000 Па	Предоставляет Заказчику возможность эксплуатации фильтра в режиме самоочищения при ограничении перепада давления воздуха на нем	Правильное
	Не менее 3000 Па	Предоставляет Изготовителю возможность не ограничивать перепад давления воздуха на фильтре в режиме самоочищения, что может привести к снижению расхода воздуха по отношению к проектному значению или разрыву фильтрующего материала	Ошибочное

Таким образом, и в ТУ, и в ТЗ следует указывать требования к перепаду давления воздуха на фильтрах аэрозольных в режиме самоочищения, например, не более 3000 Па.

13.13 О зависимости перепада давления воздуха на фильтрах аэрозольных и адсорберах угольных от объемного расхода воздуха через них

Значение данного параметра необходимо для возможности определения технического состояния оборудования при выполнении проверок систем вентиляции на соответствие проектным характеристикам (см. 10.3.4 настоящего пособия).

Опыт проведения испытаний показал, что объемный расход воздуха должен ступенчато изменяться в пределах от $0{,}3L_{\text{ном}}$ до $1{,}5L_{\text{ном}}$ с шагом $(0{,}30 \pm 0{,}05)L_{ном}$, в каждой точке должен измеряться объемный расход воздуха и перепад давления воздуха на фильтре или адсорбере угольном. Измеренные параметры должны вноситься в таблицу 13.22.

Таблица 13.22

Наименование параметра и единица измерения	Номер измерения					Примечание
	1	2	3	…	n	
Объемный расход воздуха через фильтр (адсорбер угольный), м^3/ч	L_1	L_2	L_3	…	L_n	
Перепад давления воздуха на фильтре (адсорбере угольном), Па	ΔP_1	ΔP_2	ΔP_3	…	ΔP_n	

Коэффициент b в формуле (10.1) определяется по формуле:

$$b = \frac{n\sum_{i=1}^{n} ln\, L_i \times ln\, \Delta\, P_i - \sum_{i=1}^{n} ln\, L_i \times \sum_{i=1}^{n} ln\, \Delta\, P_i}{n\sum_{i=1}^{n} (ln\, L_i)^2 - \left(\sum_{i=1}^{n} ln\, L_i\right)^2} \qquad (13.7)$$

где n – количество измерений

Конечно, формула (13.7) нужна только для включения в программу испытаний, на практике коэффициент b определяется стандартными средствами Microsoft Excel, а именно, путем показа формулы линии тренда на диаграмме зависимости перепада давления воздуха на фильтре (адсорбере угольном) от расхода воздуха через указанный элемент.

На рис. 13.18 и 13.19 показаны аэродинамические характеристики фильтрэлементов, построенные по результатам испытаний, показатели степени в формулах являются значениями коэффициента b в формуле (10.1) для соответствующих фильтрэлементов.

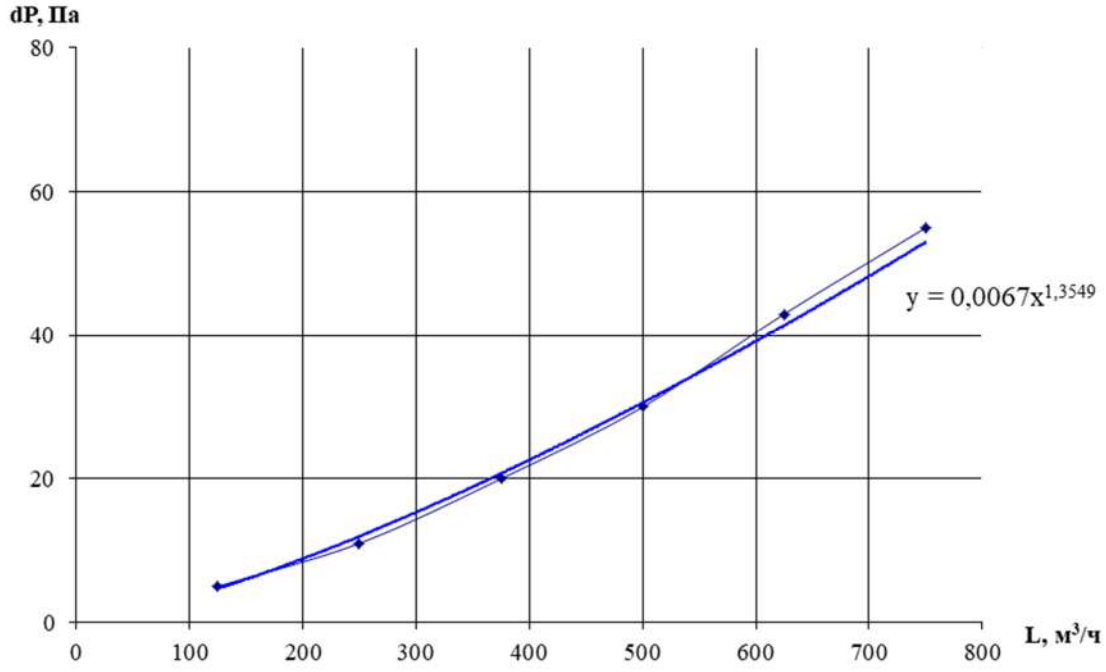


Рисунок 13.18 – Аэродинамическая характеристика фильтрэлемента ФЭС-500Р

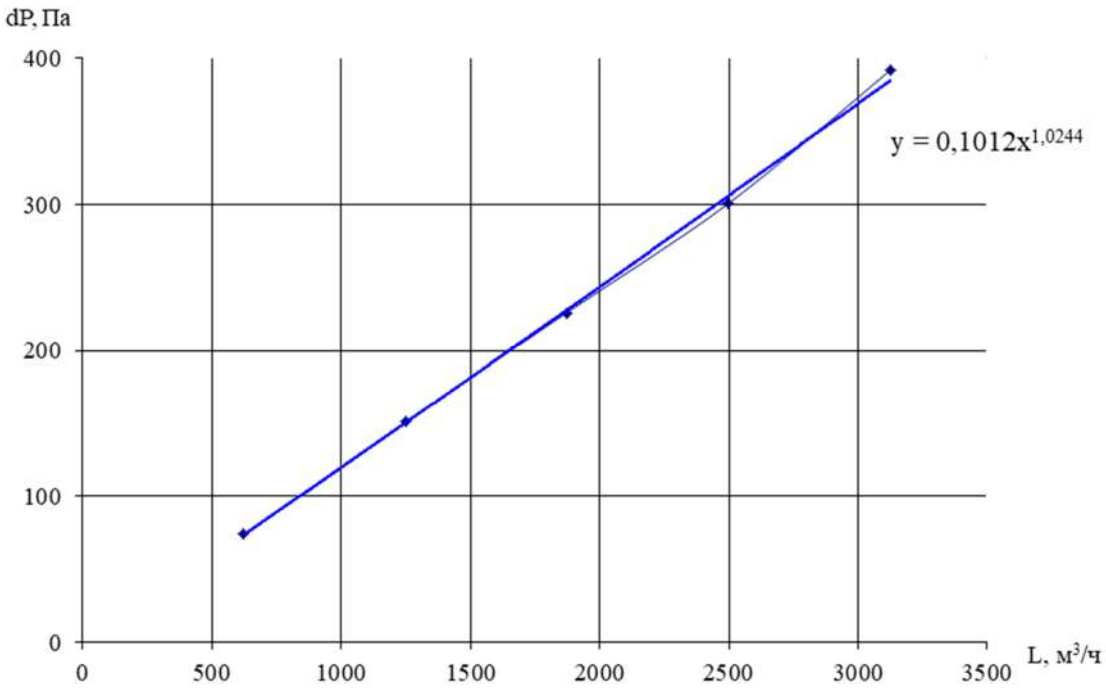


Рисунок 13.19 – Аэродинамическая характеристика фильтрэлемента ФЭС-2500Н2

13.14 О типах контроллеров в составе автономного кондиционера

Для выполнения требований к системе управления автономным кондиционером, приведенных в 8.7 настоящего пособия, предприятия-изготовители включили в состав системы управления программируемый логический контроллер.

Программируемый логический контроллер имеет достаточное количество вводов и выводов для обеспечения поставленных задач с минимальным количеством дополнительных элементов.

Общий вид лицевой панели программируемого логического контроллера приведен на рис. 13.20.



Рисунок 13.20 – Общий вид лицевой панели программируемого логического контроллера

Автономные кондиционеры с указанным типом контроллера успешно эксплуатируются на блоках № 1, 3, 4, 5 Запорожской АЭС.

Одно предприятие-изготовитель автономных кондиционеров изготовило и поставило на АЭС (не Запорожскую) изделия, в которых применены контроллеры для холодильных машин.

Контроллеры для холодильных машин имеют ограниченное количество цифровых входов и ограниченные возможности назначения им функций, множество не используемых в автономных кондиционерах функций управления (перевод в режим теплового насоса, включение режима оттаивания, водяного насоса и т.д.).

Общий вид лицевой панели контроллера для холодильных машин приведен на рис. 13.21.

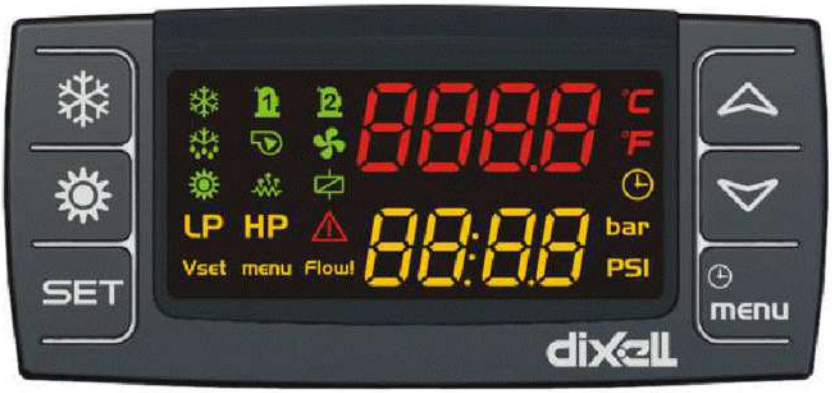


Рисунок 13.21 – Общий вид лицевой панели контроллера для холодильных машин

Различия в схемах управления автономными кондиционерами с различными типами контроллеров приведены в таблице 13.23. Из нее видно, что применение в составе автономного кондиционера контроллера для холодильных машин существенно ограничивает возможности схемы управления по сравнению с программируемым логическим контроллером.

Таблица 13.23

Функция системы управления	Возможность реализации на контроллере	
	программируемом логическом	для холодильных машин
Включение и отключение кондиционера	есть	есть
Перевод в режим ручного управления	есть	нет
Перевод в режим вентиляции	есть	нет
Индикация включения вентилятора	есть	есть
Индикация включения компрессора	есть	есть
Автоматическое регулирование температуры воздуха на входе или выходе кондиционера	есть	есть
Вывод на дисплей значения температуры воздуха	есть, можно вывести температуру на входе и выходе кондиционера	есть, можно вывести температуру на входе или на выходе кондиционера
Вывод на дисплей значения давления кипения и конденсации хладона	есть, можно вывести давление кипения и конденсации хладона	есть, можно вывести давление кипения или конденсации хладона
Вывод на дисплей значения температуры перегрева хладона на выходе из испарителя	есть	нет
Вывод на дисплей значения температуры переохлаждения хладона на выходе из конденсатора	есть	нет
Вывод на дисплей значения температуры охлаждающей воды	есть	нет
Вывод на дисплей значений фазного тока	есть	нет
Вывод на дисплей значений фазного напряжения	есть	нет
АВР кондиционера	есть	нет, необходимы дополнительные элементы
Самозапуск кондиционера при перерыве питания	есть	есть
Вывод информации о состоянии кондиционера во внешнюю цепь	есть	количество сигналов ограничено
Вывод на дисплей информации о наработке компрессора	есть	есть
Вывод на дисплей информации о наработке вентилятора	есть	есть
Сохранение в энергонезависимой памяти причины аварии	есть	есть
Аварийное отключение кондиционера:		
– по низкому давлению хладона	есть	есть
– по высокому давлению хладона	есть	есть
– при перекосе напряжения по фазам	есть	есть
– при перекосе тока по фазам	есть	есть, причина аварии не определяется
– при срабатывании теплового реле электродвигателя вентилятора	есть	
– при срабатывании теплового реле электродвигателя компрессора	есть	

14 Рекомендации по входному контролю рабочей документации

В настоящее время в РФ и за рубежом приняты стадии жизненного цикла АС, указанные в таблице 14.1.

Таблица 14.1

Стадии жизненного цикла АС	Название	
	По НД РФ	По рекомендациям МАГАТЭ
I	Размещение	Размещение и оценка площадки (Sitting)
II	Проектирование	Проектирование (Designing)
III	Сооружение	Строительство (Construction)
IV	Эксплуатация	Эксплуатация (Operation)
V	Вывод из эксплуатации	Вывод из эксплуатации (Decommissioning)
VI	Включено этапом в стадию V	Освобождение из-под регулирующего контроля (Exemption from regulatory control)

Стадия «Проектирование» может быть разбита на три этапа:

– этап 1. Разработка технико-экономического обоснования проекта.

– этап 2. Разработка проектной документации.

– этап 3. Предварительное обоснование безопасности проектируемого объекта.

Получение положительного заключения от регулирующего органа по результатам экспертизы проектных материалов, обосновывающих безопасность, является признаком завершения стадии проектирования.

Требования к разработке проектной документации приведены в стандарте [256].

Согласно 7.2.8-7.2.11 [256], проектные документы первого этапа передаются застройщику (техническому заказчику) для включения в комплект документов, обосновывающих безопасность проектируемой АС (МОЛ). Застройщик формирует и предоставляет материалы для прохождения экспертизы обоснования безопасности и получает лицензию на сооружение АС.

Застройщик (технический заказчик) или генеральный подрядчик по его поручению заключает договора на поставку оборудования, предоставляет по нему ИДП Генеральному проектировщику для разработки проектной документации второго этапа.

На втором этапе разрабатывается проектная документация, необходимая для прохождения государственной экспертизы проектной документации и получения разрешения на строительство.

Как видите, участие специалистов АС в разработке и проверке проектной документации не предусмотрено.

На стадии «Сооружение» получение Заказчиком «Лицензии на сооружение» конкретного блока АС по конкретному проекту является признаком начала стадии.

Стадия условно может быть разбита на 3 этапа:

– этап 1. Разработка рабочей документации для сооружения.

– этап 2. Строительно-монтажные работы.

– этап 3. Пуско-наладочные работы и ввод блока АС в эксплуатацию.

Целью проведения всех перечисленных этапов и работ является проверка правильности функционирования оборудования, систем и элементов для подтверждения безопасности эксплуатации АС в целом.

Разрешение на проведение каждого следующего подэтапа ввода в эксплуатацию дается регулирующим органом (Ростехнадзором) только после анализа результатов, полученных на предыдущем подэтапе по представленным актам или отчетам в соответствии с условиями действия выданной лицензии на эксплуатацию блока АС.

Требования к разработке проектной документации приведены в стандарте [257].

Согласно 6.5.5 [257], участие структурных подразделений Застройщика (технического заказчика) в процессе разработки рабочей документации регламентируется положениями Договора с Генпроектировщиком на разработку рабочей документации.

Согласно 7.2.1.1 [257], порядок осуществления входного контроля рабочей документации должен регламентироваться соответствующей документированной процедурой Застройщика (технического заказчика).

Согласно 7.2.1.3 [257], срок рассмотрения (проведения входного контроля) поступившего от Генпроектировщика комплекта рабочей документации Застройщиком (техническим заказчиком) устанавливается Договором на разработку рабочей документации, но не должен превышать тридцати календарных дней.

Согласно 7.2.2-7.2.4 [257], в случае наличия замечаний Застройщик (технический заказчик) составляет письмо в адрес Генпроектировщика с указанием замечаний и необходимых сроков их устранения.

Генпроектировщик (либо его представитель на площадке строительства) не позднее пяти рабочих дней с момента получения замечаний Застройщика (технического заказчика), организует работу по их рассмотрению, подготовке и отправке ответа Застройщику (техническому заказчику). В ответе должна содержаться четкая информация о принятии (непринятии) замечаний, сроках и способах устранения замечаний. Сроки устранения замечаний предварительно должны быть согласованы Застройщиком (техническим заказчиком) и не должны оказывать существенного влияния на производство СМР в соответствии с утвержденным графиком.

В случае отсутствия (устранения) замечаний, Застройщик (технический заказчик) подписывает акт сдачи-приемки РД и выдает рабочую документацию РД «к производству работ».

Как видите, если не работать с коллегами из проектной организации во время разработки рабочей документации, в сжатые сроки провести полноценный входной контроль не получится.

Поэтому следует заранее ознакомиться с проблемами при эксплуатации систем вентиляции и кондиционирования воздуха на однотипных АС, принятыми при монтаже техническими решениями, чертежами ГРП и изменениями, внесенными в рабочую документацию.

В концерне «Росэнергоатом» введены в действие методические указания [258], в которых имеется пункт 3.14:

«Повторение недостатков архитектурных, технических, технологических и конструкционных решений, устранение которых потребовало внесения изменений в проектную документацию проектируемых, строящихся и (или) действующих атомных станций, должно быть исключено».

И пункт 3.17:

«Решения по учету в проектной документации опыта эксплуатации отдельных систем и элементов АС должны отражаться в исходных технических требованиях (технической спецификации), разрабатываемых для проведения конкурсных процедур по отбору поставщиков».

Таким образом, основания для учета опыта эксплуатации АС при проектировании новых объектов и/или модернизации действующих систем имеются.

В настоящем пособии приведен ряд примеров неработоспособных и недоработанных проектных решений в части систем вентиляции, кондиционирования воздуха и смежных систем на АС с РУ В-320, их сводный перечень приведен в таблице 14.2.

Не исключено, что указанный перечень поможет специалистам при анализе рабочей документации АС с другими РУ.

Таблица 14.2

Назначение систем вентиляции или кондиционирования воздуха, технологических систем или помещений	Возможные последствия неработоспособных или недоработанных технических решений	Описание аналогичных проблем на Запорожской АЭС в настоящем пособии	Рекомендации по входному контролю рабочей документации	Примечание
Пояснительная записка				
Таблица воздухообмена	Перенос неправильных параметров систем кондиционирования воздуха в эксплуатационную документацию	10.2.1, таблица 10.12	Проверить указание в таблице воздухообмена: – противопожарных перегородок в коридорах; – полных оперативных обозначений систем вентиляции и кондиционирования воздуха; – оперативных обозначений КИД. При наличии неполной информации в таблице воздухообмена выдать замечания к рабочей документации	
Технологические системы и оборудование				
Система технического водоснабжения ответственных потребителей	Невозможность обеспечения паспортного расхода воды на оборудование систем охлаждения и кондиционирования воздуха	6.2	Проверить наличие на системе технического водоснабжения ответственных потребителей технических средств для поддержания расхода воды на основные теплообменники. Проверить, как повлияет на значение расхода воды, подаваемой на оборудование систем вентиляции и кондиционирования воздуха, загрязнение основных теплообменников. Предложить прокладку отдельных трубопроводов подачи воды на оборудование систем вентиляции и кондиционирования воздуха для обеспечения стабильного расхода воды на него независимо от состояния основных теплообменников	
	Невозможность ремонта арматуры и теплообменников систем охлаждения и кондиционирования воздуха при выводе канала СБ в ремонт		Проверить возможность дренирования воды из коллекторов до отметки ниже врезок на оборудование систем вентиляции и кондиционирования воздуха при выводе канала СБ в ремонт. При невозможности этого выяснить, какими техническими средствами может быть выполнено дренирование воды из коллекторов при выводе канала СБ в ремонт. Учесть ограничения по выводу канала СБ в ремонт при разработке эксплуатационной и ремонтной документации	
Система технического водоснабжения неответственных потребителей	Неработоспособность оборудования систем охлаждения и кондиционирования воздуха, подключенного к данной системе, в ППР блока	6.3	Проверить, должна ли выводиться из работы в ППР блока система технического водоснабжения неответственных потребителей. Выяснить, насколько критично для оборудования систем охлаждения и кондиционирования воздуха, подключенного к данной системе, отсутствие технической воды. Если имеется оборудование систем охлаждения и кондиционирования воздуха, на которое в ППР блока должна подаваться техническая вода, выяснить наличие в рабочей документации временной системы технического водоснабжения или перемычки от аналогичной системы другого блока. При отсутствии одной из указанных систем выдать замечания к рабочей документации	
Система холодоснабжения приточных систем вентиляции	Отсутствие охлаждения приточного воздуха в ППР блока	6.5	Проверить, может ли работать в ППР блока система холодоснабжения приточных систем вентиляции. Выяснить наличие в рабочей документации временной системы холодоснабжения водоснабжения или перемычки от аналогичной системы другого блока. При отсутствии одной из указанных систем выдать замечания к рабочей документации	
Вытяжные шкафы в помещениях ЗКД с постоянным пребыванием персонала	Невыполнение требований 5.2 [3]	4.5.3	Выяснить вместе со специалистами других подразделений, входят ли в комплект поставки вытяжных шкафов аэрозольные фильтры. При их наличии задержанные на фильтрах радиоактивные вещества приведут к излишнему облучению персонала. Выдать замечания к рабочей документации и предложить перенести аэрозольные фильтры в помещения вентиляционного оборудования	
Герметичные защитные двери помещений ЗКД	Необходимость для закрытия и уплотнения дверей больших физических усилий и времени	6.8	Проверить марки герметичных защитных дверей помещений ЗКД, изучить их конструкцию. Ознакомиться с опытом их эксплуатации на действующих АС. При сложности их закрытия и уплотнения, травмоопасности выдать замечания к рабочей документации, предложить изменить марки дверей	
Помещения с технологическим оборудованием				
Помещения с оборудованием СБ, охлаждаемым системами кондиционирования воздуха	Невозможность полного вывода канала СБ из работы при состоянии РУ «Работа на мощности»	6.1	Выяснить вместе со специалистами других подразделений, не находится ли в помещениях с оборудованием СБ еще и оборудование СНЭ, которое должно находиться в работе при выводе соответствующего канала СБ в ремонт. При наличии такого оборудования выяснить, предусмотрены ли в проекте технические средства для поддержания проектной (допускаемой) температуры воздуха в помещении при выводе соответствующего канала СБ в ремонт. При невозможности полного вывода канала СБ в ремонт и необходимости охлаждения оборудования СНЭ выдать замечания к рабочей документации	

Назначение систем вентиляции или кондиционирования воздуха, технологических систем или помещений	Возможные последствия неработоспособных или недоработанных технических решений	Описание аналогичных проблем на Запорожской АЭС в настоящем пособии	Рекомендации по входному контролю рабочей документации	Примечание
Помещения КИП I контура	Невыполнение требований 11.6.4 [34]	4.5.2, 6.21	Выяснить расчетное избыточное давление среды в помещении при разрыве импульсной трубки, значение данного параметра, при котором должна закрыться локализующая арматура. Выяснить вместе со специалистами других подразделений наличие клапанов сбросных на случай разрыва двух и более импульсных трубок и/или несрабатывания отключающих устройств. Если при разрыве импульсной трубки локализующая арматура не сможет закрыться, выдать замечания к рабочей документации	
Помещения АБ	Завышенные расходы воздуха систем вентиляции	4.6.2	Выяснить, имеются ли у проектной организации сведения об объеме выделения водорода из АБ (аналогично таблице 4.17 настоящего пособия). Проверить расчет расхода воздуха в помещениях АБ для обеспечения пожарной безопасности при подзаряде и уравнительном заряде. При отсутствии расчета или завышенных значениях расхода воздуха помещениях АБ выдать замечания к рабочей документации	
Системы охлаждения				
Системы охлаждения помещений с оборудованием I контура	Невыполнение требований 13.9.6 [34]	4.2.1	Изучить принципиальные схемы систем охлаждения помещений с оборудованием I контура и алгоритмы АВР. Проверить расход воздуха систем охлаждения, обслуживающих каждое помещение (группу помещений), при исходных событиях: – вывод в ремонт одного канала СБ; – аварийное отключение одного вентилятора. При невозможности обеспечения проектного расхода воздуха в хотя бы одном помещении при любом приведенном выше исходном событии выдать замечания к рабочей документации	
	Наличие лишнего оборудования и его систем управления	8.3.2	Изучить принципиальные схемы систем охлаждения помещений с оборудованием I контура. При отсутствии на каких-либо системах общих воздуховодов (коллекторов) и установке клапанов воздушных запорно-обратных комбинированных запросить у проектной организации обоснование их применения. Если в проекте записано, что они выполняют функции пусковых шиберов, запросить у проектной организации протоколы измерения пусковых токов электродвигателей вентиляторов с наличием пусковых шиберов и без них (см. приложение Ж настоящего пособия). При отсутствии обоснования установки клапанов воздушных запорно-обратных комбинированных выдать предложение проектной организации об их исключении из рабочей документации	
		4.2.1, 4.2.4, 8.2.3	Изучить принципиальные схемы систем охлаждения помещений с оборудованием I контура. При наличии воздухоохладителей, на которые в теплый период года подается рабочая вода от холодильной машины, выяснить, рабочая вода подается на них постоянно или только на воздухоохладители работающих вентагрегатов (для чего на трубопроводах рабочей воды предусмотрена установка электроприводной арматуры). Запросить у проектной организации расчеты температуры воздуха в обслуживаемых помещениях при подаче рабочей воды на воздухоохладители постоянно и на воздухоохладители работающих вентагрегатов. Если при постоянной подаче рабочей воды на воздухоохладители температура воздуха в обслуживаемых помещениях не превысит допускаемые значения, выдать предложение проектной организации о замене электроприводной арматуры на трубопроводах рабочей воды на арматуру с ручным приводом (ремонтную)	
Системы вентиляции, кондиционирования воздуха и смежные системы				
Помещения УЗС (УПВК)	Неработоспособность систем вытяжной естественной вентиляции	4.6.2	Выяснить, предусмотрены ли проектом системы вытяжной естественной вентиляции и выведены ли их воздуховоды в помещения УЗС (УПВК). Выяснить проектный перепад давления воздуха на УЗС (УПВК) и выдать замечания к рабочей документации	
Ремонтные системы вентиляции необслуживаемых помещений, рассчитанных на давление	Невыполнение требований 10.32 [3]	13.7	Выяснить расходы воздуха ремонтных систем вентиляции необслуживаемых помещений, рассчитанных на давление, количество и размеры дверей шлюзов. Выяснить, нет ли ограничений на количество открываемых дверей шлюзов. Рассчитать скорость движения воздуха в открытых дверях шлюзов. Выяснить наличие в проекте технических средств для измерения скорости движения воздуха в открытых дверях шлюзов и регулирования расхода воздуха приточных ремонтных систем вентиляции при снижении расхода воздуха вытяжных ремонтных систем вентиляции. Выдать предложение проектной организации о включении в рабочую документацию переносных СИ для измерения скорости движения воздуха в открытых дверях шлюзов и регулировании расхода воздуха приточных ремонтных систем вентиляции	

Назначение систем вентиляции или кондиционирования воздуха, технологических систем или помещений	Возможные последствия неработоспособных или недоработанных технических решений	Описание аналогичных проблем на Запорожской АЭС в настоящем пособии	Рекомендации по входному контролю рабочей документации	Примечание
Ремонтные системы вентиляции и кондиционирования воздуха	Неработоспособность при выводе канала СБ в ремонт	4.7.12	Проверить, сохранится ли работоспособность ремонтных систем вентиляции и кондиционирования воздуха при выводе в ремонт одного канала СБ. Проверить, подключено ли оборудование к разным каналам СБ по электроснабжению и техническому водоснабжению. Или же имеется возможность подключения оборудования к сборкам СНЭ. При неработоспособности указанных систем при выводе в ремонт одного канала СБ выдать замечания к рабочей документации	
Системы вытяжной вентиляции из помещений ЗКД I и II категории радиационной опасности	Невыполнение требований 10.34 [3]	7.2.2	Выписать значения расхода воздуха, удаляемого вытяжными системами вентиляции из помещений ЗКД I и II категории радиационной опасности и размеры дверных проемов. Рассчитать скорость движения воздуха в открытых дверных проемах при ППР блока. При значении данного параметра менее 0,3 м/с (см. 7.2.2 настоящего пособия) выяснить: – включены ли в рабочую документацию ПФВУ (см. 8.10 настоящего пособия); – если включены – их количество, номинальный расход воздуха, длина шлангов, возможность транспортировки к дверям помещений ЗКД I и II категории радиационной опасности, возможность выброса очищенного воздуха в атмосферу. При отсутствии в рабочей документации передвижных вентиляционных установок с очисткой воздуха, обеспечивающих скорость движения воздуха в открытых дверных проемах не менее 0,3 м/с выдать замечания к рабочей документации	
Системы вентиляции с фильтрами для общей вентиляции	Проскок крупнодисперсной и волокнистой пыли мимо фильтров	8.4.1, 8.4.2	Изучить установочные чертежи фильтров для общей вентиляции в рабочей документации, чертежи секций фильтров в конструкторской документации. Проверить наличие путей для обхода потоком воздуха фильтрующей поверхности, при их наличии выдать замечания к рабочей документации	
Системы вентиляции с аэрозольными фильтрами	Невыполнение требований 10.30 [3]	8.4.9, 8.4.10	Проверить наличие в заводской документации приспособлений (корпусов) для установки фильтров аэрозольных технических средств для контроля плотности посадки. При отсутствии в ней встроенных приборов для измерения испытательного давления и утечки воздуха через уплотнения проверить наличие необходимых приборов в заказной спецификации. При отсутствии приборов в заказной спецификации выдать замечания к рабочей документации	
	Недостаточный срок службы фильтров аэрозольных	2.11.3, 8.4.3, 8.4.4	Проверить наличие в рабочей документации фильтров для общей вентиляции перед фильтрами аэрозольными. Проверить наличие в заводской документации фильтров аэрозольных значения их пылеемкости. При отсутствии обоих технических характеристик выдать замечания к рабочей документации	
Системы вентиляции с аэрозольными фильтрами и адсорберами угольными	Невыполнение требований 4.2.1 [10]	10.3.6, 13.2, 15.4	Проверить наличие в рабочей документации и в заказных спецификациях технических средств для измерения эффективности фильтров аэрозольных, в т.ч. расходных материалов. Проверить наличие в рабочей документации адсорберов угольных, оснащенных пробоотборниками, или панелей контрольных адсорберов. При отсутствии указанных технических средств выдать замечания к рабочей документации	В спецификации блока № 1 Белорусской АЭС указано: «Переносной комплект аналитического оборудования (лазерный счетчик частиц, генератор аэрозолей, разбавитель) – 1 комплект». Без указания марок оборудования Заказчик не знает, что следует закупать
Системы вытяжной вентиляции помещений маслосистем	Скопление масла в воздуховодах и его протечки в другие помещения через неплотности	4.5.4	Изучить принципиальные схемы систем вентиляции помещений маслосистем. Выяснить наличие в проекте технических средств, предотвращающих распространение аэрозолей масла по воздуховодам вытяжных систем вентиляции, их коагуляцию и протечки масла в другие помещения через неплотности воздуховодов. Выдать предложение проектной организации об установке в помещениях маслосистем высокоэффективных воздушных фильтров, работающих в режиме самоочищения	
Наличие доступа к оборудованию для выполнения осмотра, ТО и ремонта	Невыполнение требований 6.2.3 [34], 6.1.5 [139]	6.15, 7.4, 8.3.9, 9.4	Проверить наличие доступа к оборудованию без нарушения правил охраны труда. Проверить наличие на воздуховодах технологических лючков для доступа к внутренним элементам клапанов герметичных вентиляционных. Проверить наличие площадок обслуживания для возможности доступа к оборудованию, расположенному на высоте более 1,8 м. При невозможности доступа к какому-либо оборудованию выдать замечания к рабочей документации	

Назначение систем вентиляции или кондиционирования воздуха, технологических систем или помещений	Возможные последствия неработоспособных или недоработанных технических решений	Описание аналогичных проблем на Запорожской АЭС в настоящем пособии	Рекомендации по входному контролю рабочей документации	Примечание
Системы воздухоснабжения шланговых СИЗОД	Невыполнение требований 13.6.9 [34]	13.7	Узнать проектный расход воздуха системы воздухоснабжения шланговых СИЗОД. Определить по аэродинамической характеристике вентилятора минимальный расход воздуха при значении статического давления не менее 5,5 кПа. Рассчитать количество одновременно подключенных шланговых СИЗОД (расчетный расход воздуха на единицу 18 $м^3$/ч, см. 13.9 настоящего пособия) для обеспечения минимального расхода воздуха вентилятора. При расчетном количестве шланговых СИЗОД более двух и отсутствии технических средств для регулирования избыточного давления воздуха в напорных коллекторах выдать замечания к рабочей документации	Согласно 10.42 [3], при выполнении технологических операций в пневмокостюме следует предусматривать парную работу персонала
Аварийные системы вентиляции				
Системы противодымной вентиляции	Невыполнение требований 7.4 [49]	13.6	Изучить принципиальные схемы систем противодымной вентиляции и алгоритмы систем управления ими. Выяснить наличие технических средств, обеспечивающих перепад давления воздуха на закрытых дверях эвакуационных выходов не более 150 Па при работающих системах противодымной вентиляции. При их отсутствии выдать замечания к рабочей документации	
Системы вытяжной противодымной вентиляции	Работа вентиляторов вытяжной противодымной вентиляции в нерасчетном режиме	13.5	Изучить расчеты систем вытяжной противодымной вентиляции. При отсутствии в расчете значений подсосов воздуха через неплотности закрытых дымовых клапанов и воздуховодов запросить у проектной организации уточненный расчет. Проверить наличие в ИТТ требований к значениям подсосов воздуха через неплотности закрытых дымовых клапанов. Сравнить значения расчетного расхода дыма от очага пожара и проектного расхода воздуха системы вытяжной противодымной вентиляции. Если подсосы воздуха через неплотности закрытых дымовых клапанов и воздуховодов явно не учтены, выдать замечания к рабочей документации	
Системы для удаления газов и дыма после пожара из помещений, защищаемых установками газового, аэрозольного или порошкового пожаротушения	Невыполнение требований 7.13 [49]	7.3.3	Выяснить наличие в рабочей документации: – клапанов противопожарных двойного действия на системах общеобменной вытяжной вентиляции из помещений, защищаемых установками газового, аэрозольного или порошкового пожаротушения; – стационарных систем удаления продуктов сгорания или переносных вентиляционных установок; – достаточного количества гибких рукавов для выброса ГОТВ и продуктов сгорания в атмосферу в спецификации; – требований в ИТТ на клапаны противопожарные об установке огнестойких кожухов на электроприводы и клеммные коробки. При отсутствии хотя бы одних технических средств выдать замечания к рабочей документации	
Оборудование				
Оборудование, устанавливаемое без каких-либо элементов, компенсирующих отклонения от номинальных размеров, например, адсорберы угольные	Отсутствие взаимозаменяемости	11.2	Проверить наличие в заводской документации или в ИТТ требований к допускаемым отклонениям от номинальных размеров. При явных признаках отсутствия взаимозаменяемости оборудования выдать замечания к рабочей документации о недопустимости его применения	
Воздухоохладители и воздухонагреватели	Получение недостоверных данных при проверках систем охлаждения и вентиляции на соответствие проектным характеристикам	8.2.1, 8.2.3	Проверить наличие в заводской документации или в ИТТ воздухоохладителей и воздухонагревателей требований к наличию значений: – площади оребренной поверхности; – площади живого сечения по воздуху; – площади живого сечения по воде; – показателей степени в формуле определения коэффициента теплопередачи воздухоохладителя. При отсутствии хотя бы одного значения выдать замечания к рабочей документации о недопустимости применения соответствующего оборудования	

Назначение систем вентиляции или кондиционирования воздуха, технологических систем или помещений	Возможные последствия неработоспособных или недоработанных технических решений	Описание аналогичных проблем на Запорожской АЭС в настоящем пособии	Рекомендации по входному контролю рабочей документации	Примечание
Фильтры аэрозольные и адсорберы угольные	Получение недостоверных данных при проверках систем вентиляции на соответствие проектным характеристикам	13.13	Проверить наличие в заводской документации или в ИТТ фильтров аэрозольных и адсорберов угольных требований к наличию значений: – начального перепада давления воздуха; – конечного перепада давления воздуха; – показателя степени в формуле зависимости перепада давления воздуха на фильтре (адсорбере угольном) от объемного расхода воздуха. При отсутствии хотя бы одного значения выдать замечания к рабочей документации о недопустимости применения соответствующего оборудования	
Оборудование, относящееся к I или II категории сейсмостойкости по [128]	Невыполнение требований 2.9, 2.10 [128]	8.4.8, 8.4.10	Проверить наличие в конструкции оборудования элементов, передающих нагрузки от сейсмических воздействий на строительные конструкции или металлоконструкции. Если предполагается установка оборудования в несколько рядов по высоте, то еще и элементов для крепления их между собой. При отсутствии таких элементов выдать замечания к рабочей документации о недопустимости применения такого оборудования	
Клапаны избыточного давления	Невыполнение требований 10.14 [3]	8.3.8	Проверить правильность подбора типоразмеров КИД (см. рис. 8.41). При явных ошибках при подборе типоразмеров КИД выдать замечания к рабочей документации	
Клапаны дымовые на системах вытяжной противодымной вентиляции	Невозможность обеспечения проектного расхода воздуха при работе вытяжной противодымной вентиляции	13.5	Проверить в заводской документации значения удельной характеристики дымогазопроницанию применяемых дымовых клапанов. Проверить в рабочей документации класс герметичности воздуховодов. Выполнить расчет потерь давления воздуха в сети воздуховодов при учете подсосов воздуха через закрытые клапаны и неплотности воздуховодов. Если расчет покажет непригодность принятых вентиляторов для обеспечения проектного расхода воздуха, выдать замечания к рабочей документации	
Локализующая арматура	Невыполнение требований § 34 [126]	8.3.3	Проверить значения рабочего давления локализующей арматуры при подаче избыточного давления среды на тарель и под тарель. Проверить наличие в рабочей документации врезок в участки трубопроводов между локализующей арматурой и арматуры для подачи сжатого воздуха при локальных испытаниях на герметичность. При различиях в значениях рабочего давления локализующей арматуры при подаче избыточного давления среды на тарель и под тарель выдать замечания к рабочей документации о недопустимости применения такого оборудования. При отсутствии врезок в участки трубопроводов между локализующей арматурой и арматуры для подачи сжатого воздуха выдать замечания к рабочей документации	
Вентиляторные агрегаты с масляной ванной подшипников	Неработоспособность защиты по уровню масла в ходовой части	8.1.2	Проверить в заводской документации значения минимального и максимального уровня масла в ходовой части, сравнить с пределом измерения СИ для измерения (сигнализации) данного параметра и допускаемой погрешности измерений. При явной неработоспособности защиты по уровню масла в ходовой части выдать замечания к рабочей документации о недопустимости применения данных вентиляторных агрегатов	
Электродвигатели с водяным охлаждением	Накопление загрязнений в водяной рубашке. Неработоспособность защит от перегрева статора	8.1.3.3	Изучить устройство электродвигателей, проверить возможность удаления загрязнений из водяной рубашки. Изучить проектные решения в части защиты от перегрева статора. При наличии явных проблем с эксплуатацией электродвигателей выдать замечания к рабочей документации. Предложить применение электродвигателей с воздушным охлаждением	
Системы контроля и автоматики				
Система контроля и автоматического поддержания разрежения в гермооболочке	Невыполнение требований 10.14 [3]	4.2.5, 4.9.8	Проверить пределы измерения и класс точности СИ для поддержания разрежения в гермооболочке. Рассчитать погрешность измерения давления воздуха в гермооболочке, сравнить со значением нормируемого разрежения. Проверить, выдаются ли команды открытия и закрытия локализующей арматуры во всех каналах СБ. При явной неработоспособности проектной системы поддержания разрежения в гермооболочке выдать замечания к рабочей документации. Предложить использование для поддержания разрежения в гермооболочке КИД (см. рис. 4.6)	
Автоматическая пожарная сигнализация	Невыполнение требований 6.24 [49]	6.6	Проверить алгоритмы АПС, при наличии в них лишних и ошибочных блокировок выдать замечания к рабочей документации	

Назначение систем вентиляции или кондиционирования воздуха, технологических систем или помещений	Возможные последствия неработоспособных или недоработанных технических решений	Описание аналогичных проблем на Запорожской АЭС в настоящем пособии	Рекомендации по входному контролю рабочей документации	Примечание
СИ (ТСА) для контроля перепада давления воздуха на фильтрах аэрозольных и адсорберах угольных	Неработоспособность установленных СИ (ТСА)	4.9.7	Проверить наличие и уставки срабатывания СИ (ТСА) для контроля перепада давления воздуха на фильтрах аэрозольных и адсорберах угольных. По аэродинамической характеристике вентилятора и техническим характеристикам фильтров аэрозольных и адсорберов угольных выполнить расчет фактических значений перепада давления воздуха на них при загрязнении и истирании адсорбента. Если расчетом будет установлено, что СИ (ТСА) при превышении ВРГ перепада давления воздуха не смогут сработать, выдать замечания к рабочей документации	
Уставки срабатывания защит и блокировок	Отсутствие информации для настройки АДП	4.9.3	Проверить наличие в функциональных схемах теплотехнического контроля записей о значениях уставок: «выше нормы» и/или «ниже нормы», при наличии выдать замечания к рабочей документации	
Системы управления приточной противодымной вентиляцией	Невыполнение требований 7.16 [49]	13.6	Проверить наличие СИ (ТСА) и регулирования расхода воздуха приточной противодымной вентиляции для обеспечения нормируемого избыточного давления воздуха на путях эвакуации и нормируемого избыточного давления на закрытых дверях эвакуационных выходов. При отсутствии указанных технических средств, т.е. невозможности при определенных условиях выхода персонала на лестничные клетки, выдать замечания к рабочей документации	

15 Современное оборудование систем вентиляции и кондиционирования воздуха

15.1 Общие сведения

При строительстве объектов Запорожской АЭС для систем вентиляции и кондиционирования воздуха применялось оборудование разработки 60-х и 70-х годов XX столетия. Часть оборудования была заменена при ремонте и модернизации систем, но массовой замены оборудования систем вентиляции и кондиционирования воздуха не было.

В этом разделе приведена информация об оборудовании систем вентиляции и кондиционирования воздуха, применяемом на блоках АС нового поколения. Будет ли оно применяться на Запорожской АЭС, покажет время.

15.2 Рециркуляционно-охладительные установки (РОУ)

Для охлаждения воздуха в технологических помещениях АС с РУ ВВЭР-1200 применяются РОУ заводского изготовления, состоящие из:

- вентиляционного агрегата;
- воздухоохладителей с сепаратором и поддоном;
- воздухонагревателя (при необходимости);
- соединительных патрубков;
- эластичных вставок (при необходимости);
- опорной рамы.

В исходных технических требованиях к РОУ учтены требования современных нормативных документов и опыта эксплуатации вентиляторов и воздухоохладителей систем охлаждения гермооболочки (см. 8.1.1, 8.2.3 настоящего пособия):

- конструкция воздухоохладителя должна допускать возможность механической и химической очистки внутренней и наружной поверхности трубок; глушения дефектных трубок;
- воздухоохладитель должен изготавливаться из нержавеющей стали или из другого материала, устойчивого к окружающей среде, действию дезактивирующих растворов, не выделяющего водород при взаимодействии с растворами спринклерной системы;
- корпус воздухоохладителя должен иметь дренажный штуцер и штуцер для удаления воздуха с запорной арматурой;
- воздухоохладители должны иметь поддон для сбора конденсата с гидрозатвором на дренажном штуцере поддона;
- рабочее давление воздухоохладителей должно быть 1 МПа, испытательное давление – 1,5 МПа;
- конструкция воздухоохладителя с сепаратором должна быть принята разработчиком для предотвращения выноса водяных капель;
- отделение оребрения от трубок должно быть исключено при температурных деформациях во время всего периода эксплуатации;
- вентилятор должен изготавливаться из нержавеющей стали или из другого материала, устойчивого к окружающей среде, действию дезактивирующих растворов, не выделяющего водород при взаимодействии с растворами спринклерной системы;
- корпус вентилятора должен иметь дренажный штуцер, оснащенный запорной арматурой.

Общий вид рециркуляционно-охладительных установок показан на рис. 15.1.



Рисунок 15.1 – Общий вид рециркуляционно-охладительных установок

15.3 Модифицированные клапаны запорно-обратные комбинированные

ЗАО «НПФ «ЦКБА» для АС «Бушер», «Куданкулам», блока № 3 Калининской АЭС, блока № 2 Ростовской АЭС были разработаны модифицированные клапаны запорно-обратные комбинированные диаметром 250, 500, 800, 1000, 1200, 1600 мм. Они прошли успешные испытания на стенде, угол открытия тарели доходил до 75°, КМС при этом не превышал 2,5.

Конструкция модифицированных клапанов имеет отличия от конструкции клапанов, поставленных на Запорожскую АЭС:

– изменена кинематическая схема, исключившая заклинивание резинового уплотнения;

– материал для изготовления основного уплотнения принят – резина, защищенная фторопластовой лентой (допускается ремонт выкрошившихся участков на месте);

– принят материал для подшипников скольжения – композит из углеволокна;

– уменьшено количество резиновых уплотнений на оси.

Модифицированный клапан К99074-1200-01 показан на рис. 15.2.

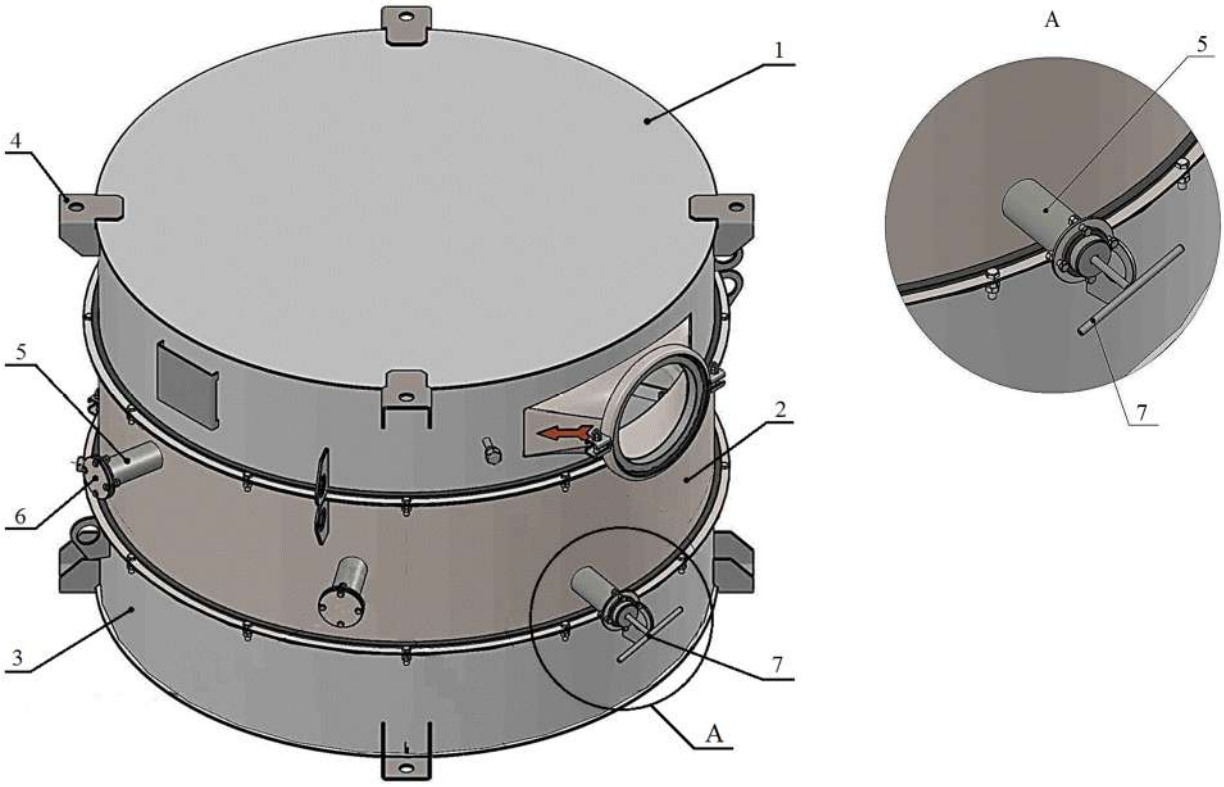


Рисунок 15.2 – Модифицированный клапан К99074-1200-01 на стенде

15.4 Йодные фильтры-адсорберы АУИ-1500 ВМО

ООО «Аэрофильтр» поставлены на производство йодные фильтры-адсорберы АУИ-1500 ВМО, предназначенные для очистки воздуха (газа) производственных помещений от йода и его соединений, преимущественно на объектах атомной энергетики, а также экологически вредных выбросов химических и других производств.

Устройство фильтра-адсорбера АУИ-1500 ВМО показано на рис. 15.3.



Условные обозначения: 1 – чаша верхняя, 2 – модуль насыпной; 3 – чаша нижняя; 4 – кронштейн; 5 – патрубок для отбора проб; 6 – заглушка; 7 – пробоотборник.

Рисунок 15.3 – Йодный фильтр-адсорбер АУИ-1500 ВМО

Йодный фильтр-адсорбер АУИ-1500-ВМО имеет следующие особенности конструкции:

– может разбираться при монтаже и демонтаже;

– детали фильтра-адсорбера могут кантоваться при транспортировке;

– модуль насыпной может заменяться;

– предусмотрена возможность отбора проб адсорбента для анализа на стенде.

15.5 Устройства перекрытия вентиляционного канала (УПВК)

На АС с ВВЭР-1200 для защиты проемов для забора и выброса воздуха от ударной волны применяются УПВК, обеспечивающие автоматическое перекрытие канала воздуховода при воздействии внешней ударной волны с исходными параметрами:

– рассматриваются детонационный и дефлаграционный взрывы;

– давление во фронте 30 кПа;

– продолжительность фазы сжатия до 1 с;

– направление распространения – горизонтальное;

– направление падения взрывной волны на здания АС – горизонтальное, нормальное и касательное;

– должны учитываться эффекты отражения и обтекания.

К УПВК предъявляются следующие требования:

– они должны быть двухстороннего действия;

– после прохождения воздушной ударной волны лопатки должны возвращаться в исходное положение («открыто») автоматически;

– они должны сохранять работоспособность при характерной скорости ветра до 43 м/с, а также сохранять целостность и функциональность при экстремальной скорости ветра 70 м/с;

– они должны также обеспечить автоматическое перекрытие канала воздуховодов при прохождении фазы разрежения ударной волны;

– они не должны закрываться при скорости потока рабочей среды через проточную часть воздуховода (13-15) м/с.

Графики изменений избыточного давления в проходящей воздушной ударной волне и в проходящей волне сжатия дефлаграционного взрыва показаны на рис. 15.4 и 15.5.

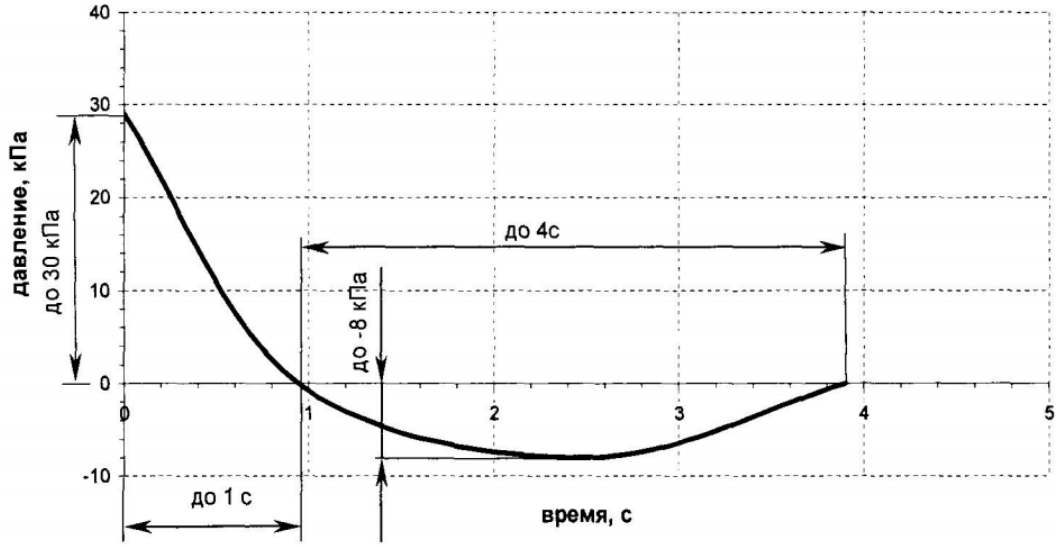


Рисунок 15.4 – График изменения избыточного давления
в проходящей воздушной ударной волне

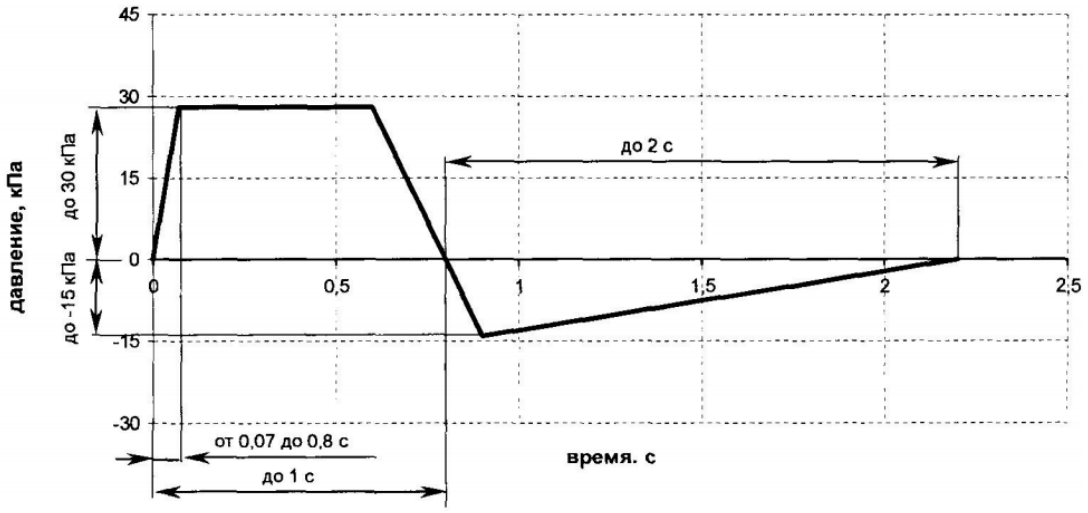


Рисунок 15.5 – График изменения избыточного давления
в проходящей волне сжатия дефлаграционного взрыва

Общий вид УПВК приведен на рис. 15.6.

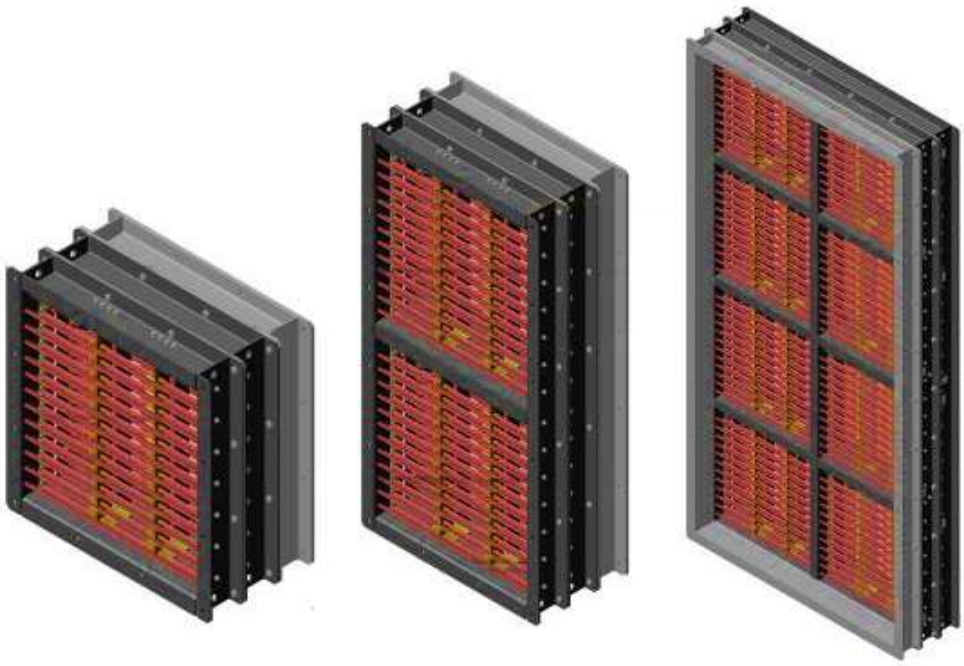


Рисунок 15.6 – Общий вид УПВК

15.6 Установки жизнеобеспечения персонала

Установки предназначены для комплексной очистки приточного воздуха от радиоактивных аэрозолей, радиоактивного йода и его органических соединений, дымовых газов и токсичных веществ в целях обеспечения обитаемости пультов управления в условиях чрезвычайной ситуации.

В состав установок входят последовательно и герметично соединенные друг с другом унифицированные секции:

- каплетуманоуловителя;
- электронагревателя;
- грубой очистки, фильтры аэрозольные и йодные;
- фильтры очистки от вторичных аэрозолей.

Должна быть предусмотрена возможность контроля плотного прилегания фильтровального элемента к корпусу, если этого требует конструкция фильтра.

Фильтры и соответствующие устройства (приспособления) должны быть выполнены таким образом, чтобы замена фильтровальных элементов могла производиться без радиоактивного заражения воздуха, а также поверхностей помещения и оборудования. Поставщиком должна быть представлена технология выгрузки фильтровальных элементов с учетом радиационной безопасности персонала. Должны быть разработаны дополнительные приспособления, обеспечивающие безопасную транспортировку фильтрующих элементов в пределах АЭС с соблюдением норм и требований радиационной безопасности.

Применяемые в установках фильтрации фильтрующие материалы должны:

– исключать возможность уноса воздушным потоком уловленных фильтром аэрозольных частиц;

– допускать кратковременное увлажнение за счет конденсации водяных паров при пуске установки;

– допускать возможность прессования для последующего захоронения;

– исключать десорбцию йода и его соединений;

– иметь сертификат соответствия на применение в системах жизнеобеспечения, подающих воздух в рабочую зону;

– не должны содержать масла.

Общий вид установки жизнеобеспечения персонала «Корвет» показан на рис. 15.6.

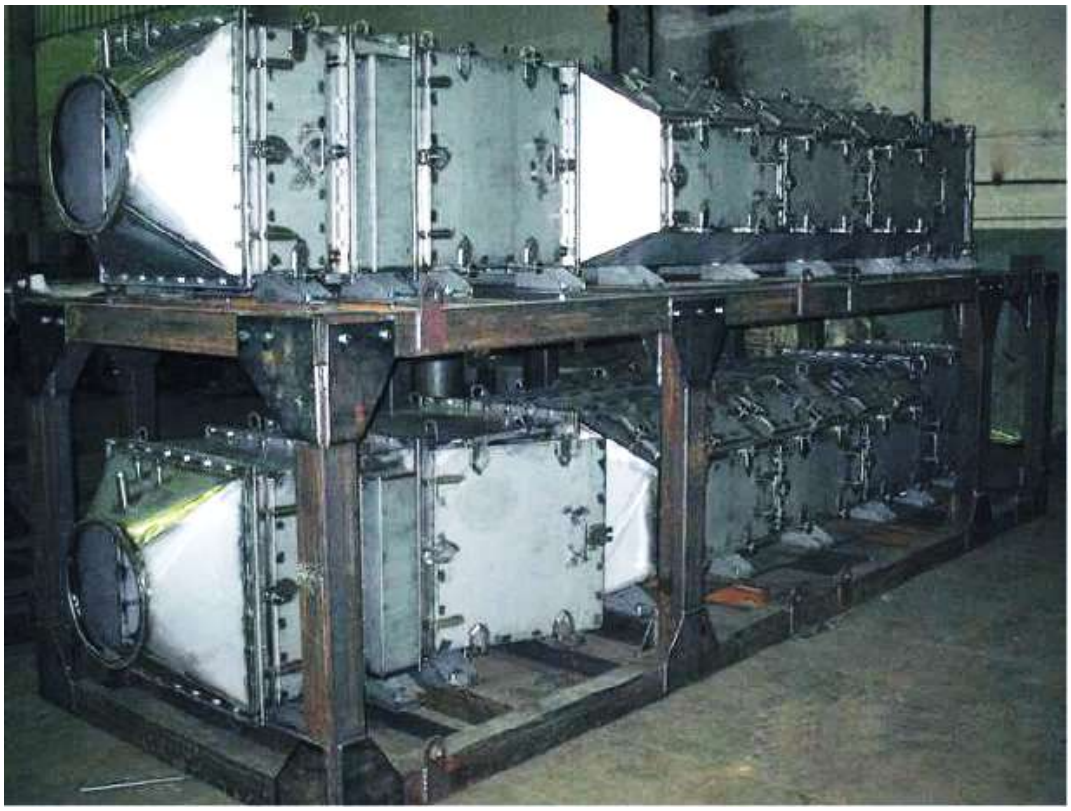


Рисунок 15.7 – Общий вид установки жизнеобеспечения персонала «Корвет»

15.7 Баллонные станции систем жизнеобеспечения

Баллонные станции систем жизнеобеспечения (БСЖО) предназначены для создания избыточного давления воздуха и обеспечения обитаемости щитов управления в условиях чрезвычайных ситуаций:

– появление в районе площадки АС вредных веществ при авариях в результате техногенной деятельности человека (аварийный выброс в окружающую среду радиоактивных аэрозолей и газов, пожар на АС);

– появление в атмосферном воздухе в районе воздухозабора токсичных веществ и других вредностей, которые не задерживаются фильтрами-поглотителями).

БСЖО включаются в работу в режиме полной изоляции помещений БПУ и РПУ.

Все оборудование БСЖО должно оставаться работоспособным и выполнять свои функции во всех режимах:

– нормальной эксплуатации;
– нарушения нормальной эксплуатации;
– проектной аварии;
– запроектной аварии, включая режим полного обесточения.

Элементы БСЖО должны сохранять работоспособность с учетом внешних воздействий:

– падение самолета;
– воздушная ударная волна;
– землетрясение интенсивностью до 1,4 МРЗ включительно.

БСЖО должны обеспечивать подачу воздуха в вентиляционную систему БПУ и РПУ в режиме полной изоляции для БПУ и РПУ по 100 нм^3/ч. Продолжительность режима полной изоляции – не менее 6 ч.

Оборудование БСЖО относится ко 2 классу безопасности и имеет классификационное обозначение 2О и I категорию сейсмостойкости.

В установке БСЖО применяются баллоны для хранения сжатого воздуха емкостью 185 л с рабочим давлением 24,5 МПа или аналогичные (согласно заказной спецификации – для БПУ и РПУ отдельно по 7 рамп с суммарным объемом сжатого воздуха 3,9 м^3).

Компоновка БСЖО показана на рис. 15.8.

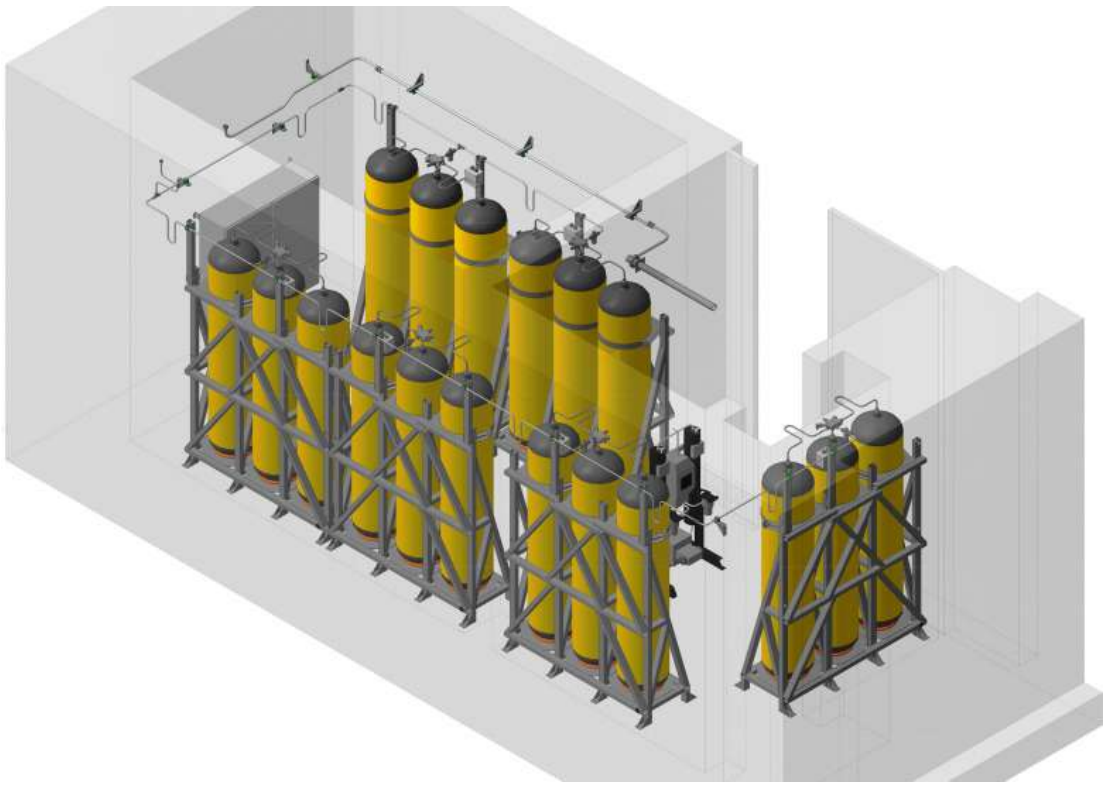


Рисунок 15.8 – Компоновка БСЖО на АС с реактором ВВЭР-1200

15.8 Станция фильтровальная

Станция фильтровальная SCF hightec применена на АС Пакш, ее конструкция интересна и перспективна, по этой причине описание включено в настоящее пособие.

Станция фильтровальная выполнена с вертикальным расположением фильтрующих элементов:

– фильтр тонкой очистки группы F по [11];
– фильтр HEPA группы H по [11].

Станция фильтровальная может быть изготовлена с количеством фильтров:

– по горизонтали – от одного до четырех;

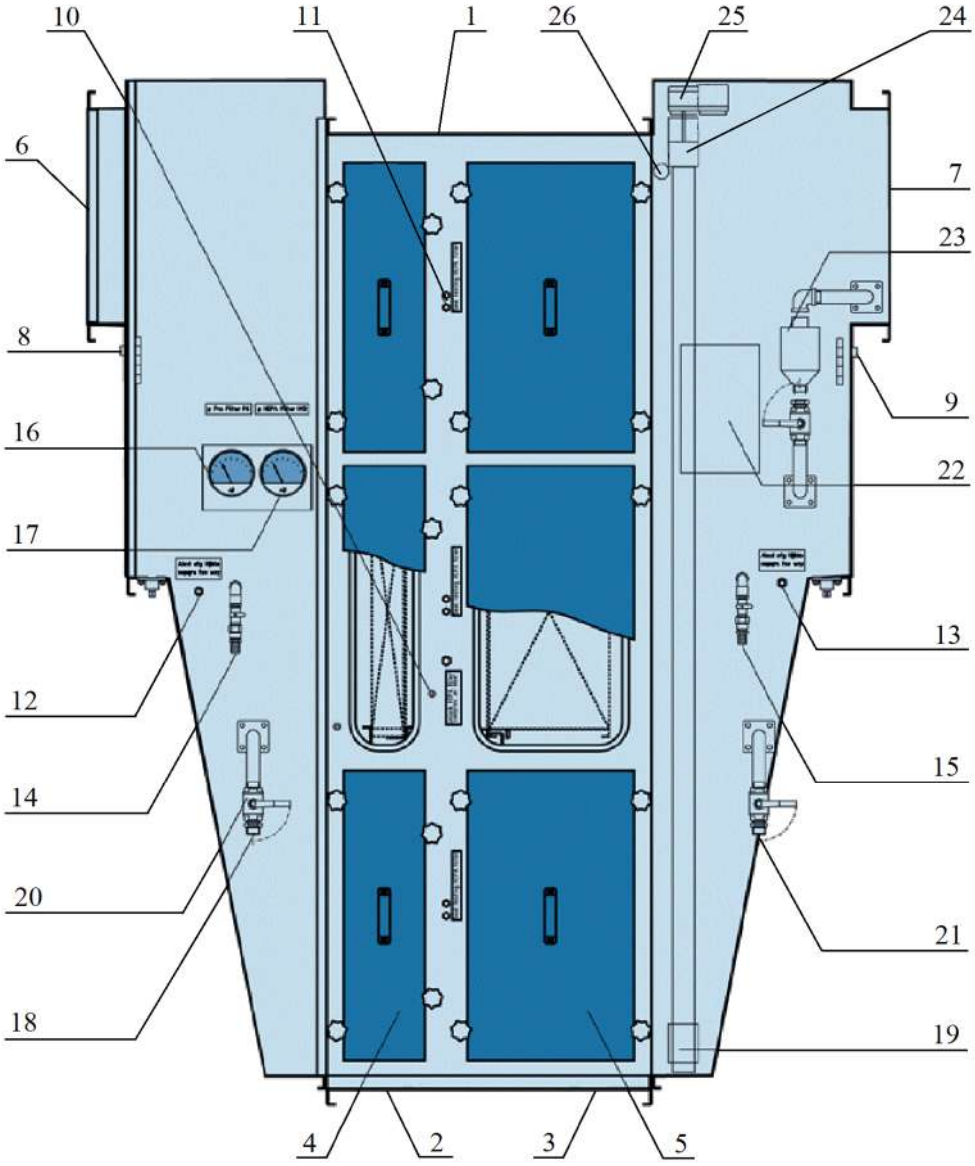
– по вертикали – от одного до четырех.

Фильтры HEPA прижимаются к уплотнительным канавкам пружинами, отжатие прижимных устройств выполняется при помощи пневмоцилиндров одностороннего действия.

Для измерения перепада давления воздуха на фильтрах тонкой очистки и фильтрах HEPA предусмотрены показывающие СИ.

Проверка плотности посадки фильтров HEPA выполняется путем создания избыточного давления воздуха в контрольной полости и измерения утечки из нее (см. рис. 8.58).

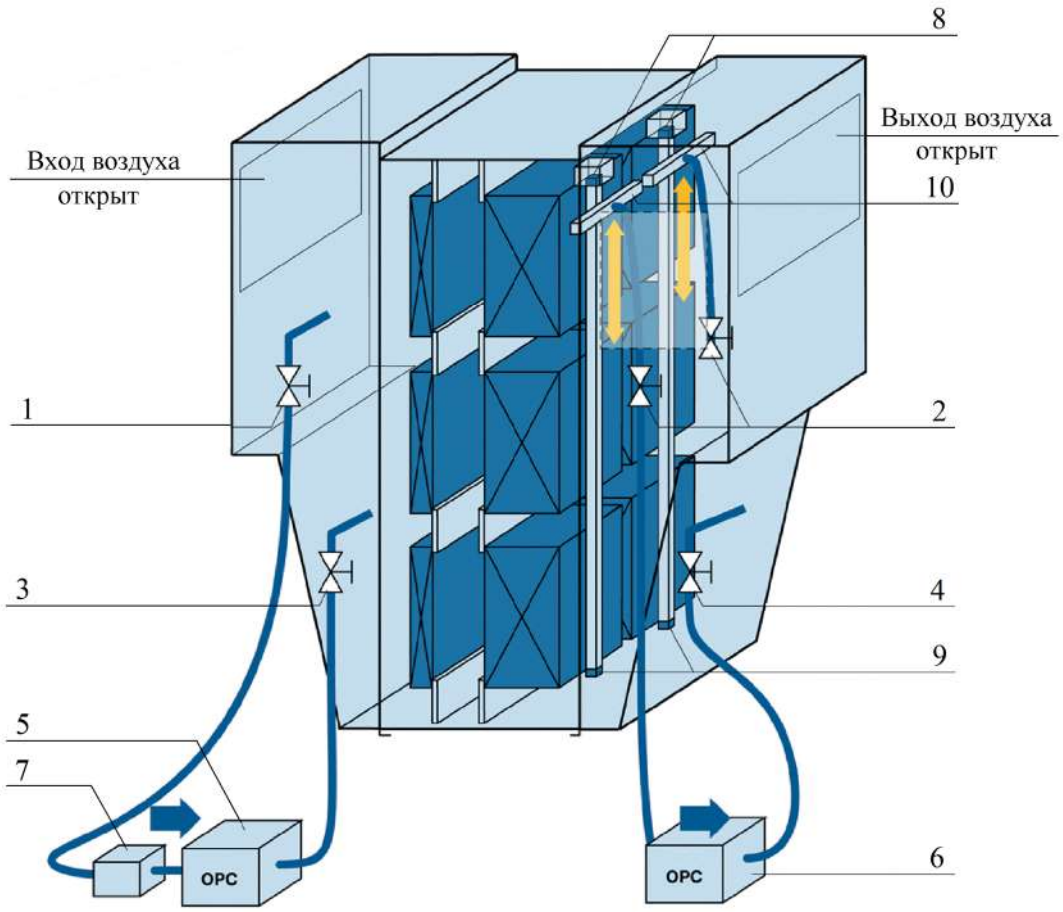
Устройство станции фильтровальной показано на рис. 15.9.



Условные обозначения: 1 – корпус; 2 – зона фильтра предварительной очистки; 3 – зона HEPA фильтрации; 4 – крышка фильтра предварительной очистки; 5 – крышка фильтра HEPA; 6, 7 – встроенные заслонки герметичные; 8, 9 – штуцеры для проверки герметичности заслонок; 10 – штуцер для подачи сжатого воздуха для отжатия прижимного устройства фильтров HEPA; 11 – штуцер для проверки герметичности посадки фильтров HEPA; 12, 13 – штуцеры для подачи сжатого воздуха для открытия прижимных устройств заслонок; 14, 15 – штуцер для подачи / удаления дезинфицирующего раствора; 16, 17 – СИ для измерения перепада давления воздуха на фильтрах; 18 – штуцер для возврата воздуха после ОРС; 20, 21 – клапаны шаровые; 22 – окно смотровое; 23 – линия обводная; 24, 25 – выключатели конечные; 26 – панели сканирующие.

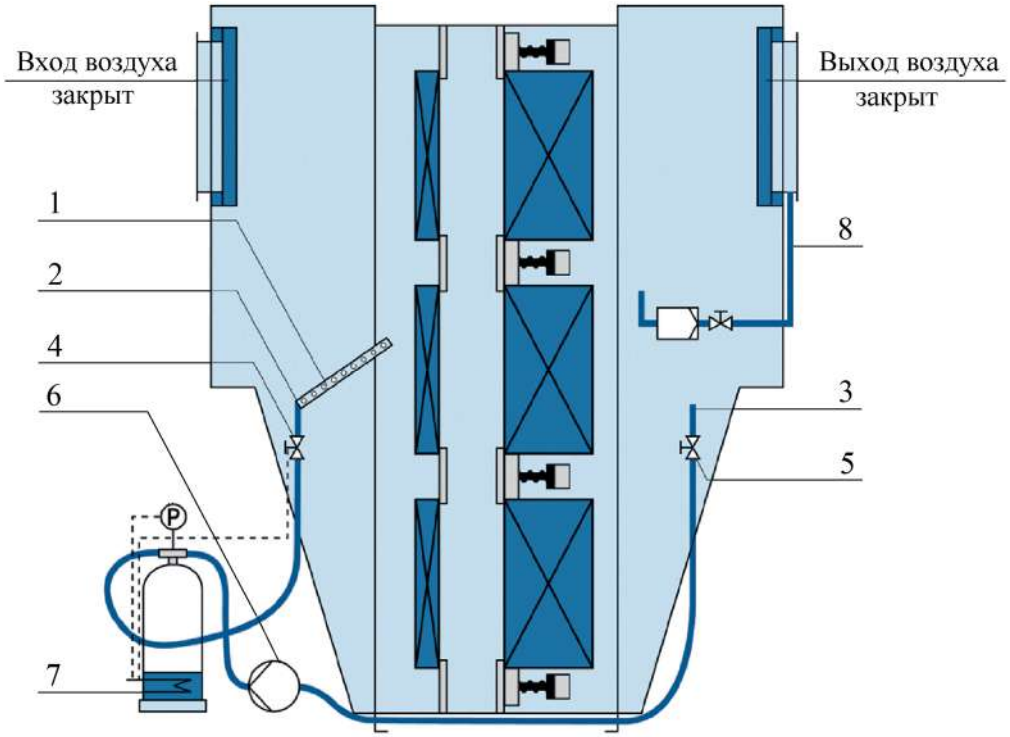
Рисунок 15.9 – Устройство системы SCF hightec

Схемы измерения эффективности фильтров и дезактивации корпуса изнутри показаны на рис. 15.10 и 15.11 соответственно.



Условные обозначения: 1, 2 – штуцеры для отбора воздуха до и после фильтров; 3, 4 – штуцеры для возврата воздуха; 5, 6 – оптические счетчики аэрозолей; 7 – разбавитель; 8 – электропривод линейный; 9 – выключатели конечные; 10 – панели сканирующие.

Рисунок 15.10 – Схема измерения эффективности фильтров системы SCF hightec



Условные обозначения: 1 – распределитель; 2, 3 – штуцеры для подачи и удаления дезинфицирующего состава; 4, 5 – краны шаровые; 6 – нагнетатель; 7 – емкость с нагревателем; 8 – байпас с фильтром.

Рисунок 15.11 – Схема дезактивации системы SCF hightec

При измерении эффективности фильтров HEPA применяется передвижная измерительная станция. Воздух из коллектора до фильтров отбирается, разбавляется, проходит через оптический счетчик аэрозолей и возвращается в ту же полость. Воздух из коллектора после фильтров отбирается, проходит через оптический счетчик аэрозолей и возвращается в ту же полость.

Оптические счетчики аэрозолей определяют количество частиц до и после фильтров в нескольких диапазонах размеров частиц. Для каждого значения размера аэрозольных частиц определяется интегральное значение эффективности, значения наносятся на график. Далее определяется минимальное значение интегральной эффективности и соответствующее ей значение MPPS.

Для дезактивации корпуса станции фильтровальной изнутри применяется передвижное устройство дезактивирующее. Формалин или пероксид водорода испаряются в емкости, пар подается в корпус через штуцер и удаляется нагнетателем через другой штуцер. Избыток пара дезактивирующего состава сбрасывается в выходной патрубок через фильтр.

Общий вид станции фильтровальной показан на рис. 15.12.



Рисунок 15.12 – Общий вид системы SCF hightec

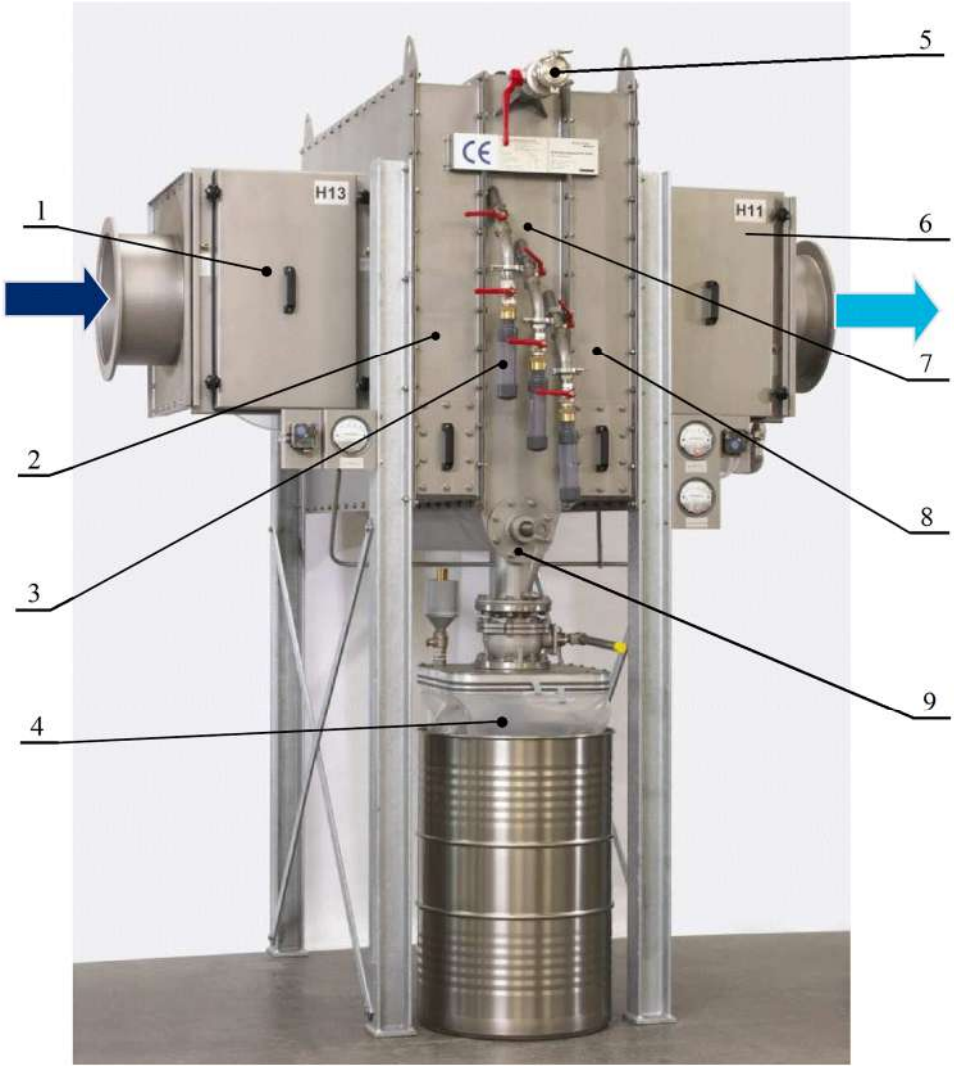
15.9 Система фильтров адсорбционных

Система фильтров адсорбционных CHF classic применена на АС Пакш, ее конструкция интересна и перспективна, по этой причине описание включено в настоящее пособие.

Система CHF classic состоит из:

- фильтра аэрозольного;
- камер входа и выхода воздуха;
- секции с адсорбентом;
- пробоотборников;
- систем загрузки и выгрузки адсорбента;
- фильтра для очистки воздуха от вторичных аэрозолей;
- дифференциальных манометров.

Общий вид системы CHF classic показан на рис. 15.13.



Условные обозначения: 1 – фильтр аэрозольный; 2 – камера входа воздуха; 3 – пробоотборник; 4 – емкость для отработанного адсорбента; 5 – система загрузки адсорбента; 6 – фильтр для очистки воздуха от вторичных аэрозолей; 7 – секция с адсорбентом; 8 – камера выхода воздуха; 9 – система выгрузки адсорбента.

Рисунок 15.13 – Общий вид системы CHF classic

На секцию с адсорбентом воздух подается снизу вверх.

Ежегодно из секции с адсорбентом отбирается проба и отправляется для измерения ее эффективности в специализированную организацию (см. 1.4.6 настоящего пособия). При эффективности пробы адсорбента не менее нормируемого значения дальнейшая эксплуатация системы разрешается. При эффективности пробы адсорбента менее нормируемого значения из секции с адсорбентом выгружается 1/3 объема в емкость, а сверху пневмотранспортом засыпается 1/3 объема нового адсорбента.

Встроенные дифференциальные манометры предназначены для контроля перепада давления воздуха на фильтрах аэрозольных и секции с адсорбентом.

15.10 Кондиционеры центральные каркасно-панельные

В настоящее время в качестве приточных камер и центральных кондиционеров применяются кондиционеры каркасно-панельной конструкции.

Кондиционеры позволяют осуществлять все процессы обработки воздуха: фильтрацию, нагрев, охлаждение, осушку, увлажнение, рекуперацию и регенерацию тепла и холода, шумоглушение, дезинфекцию (обеззараживание воздуха) и поддерживать в обслуживаемом помещении искусственный климат с заданными параметрами.

Общий вид одного из кондиционеров показан на рис. 15.14.



Рисунок 15.14 – Кондиционер каркасно-панельный

Номинальный объемный расход воздуха кондиционеров находится в пределах от нескольких сотен $м^3$/ч до нескольких сотен тысяч $м^3$/ч.

Кондиционеры могут изготавливаться различной конструкции:

– по компоновке – с установкой секций в один или два этажа по высоте и/или в один или два ряда по горизонтали;

– по стороне обслуживания – правой и левой;

– по исполнению – общепромышленное, гигиеническое, северное, взрывозащищенное, коррозионностойкое, атомное, морское;

– по категории размещения – на открытом воздухе и внутри помещения.

Кондиционеры имеют модульную структуру и набираются из функциональных блоков различного назначения, имеющих унифицированные присоединительные размеры, позволяющих осуществлять все процессы обработки воздуха.

Кондиционеры по сравнению с ранее выпускаемыми центральными кондиционерами типа КТЦ, КТЦ2, КТЦ3 имеют следующие различия:

– для установки блоков применяется опорная рама;

– на воздухозаборных клапанах обеспечивается уплотнение лопаток морозоустойчивым резиновым профилем, установка ТЭНов для подогрева лопаток предусмотрена только для северного исполнения;

– в блоках фильтров грубой очистки могут устанавливаться ячейковые или карманные фильтры класса от G2 до G4 по [14];

– блоки воздухонагревателей могут применяться с нагревом сетевой водой, паром или с электрическим нагревом;

– блоки воздухонагревателей с нагревом сетевой водой комплектуется циркуляционным насосом и трехходовым регулирующим клапаном;

– блоки воздухоохладителей могут применяться с подключением к холодильной машине (чиллеру) или к компрессорно-конденсаторному агрегату;

– блоки увлажнительные могут выполняться парового, форсуночного и сотового увлажнения;

– при необходимости могут устанавливаться фильтры тонкой очистки класса до F9 по [14], блоки шумоглушителей и рекуператоры;

– в блоках вентиляторов могут устанавливаться вентиляторы одностороннего и двухстороннего всасывания;

– фильтры и теплообменники могут полностью выдвигаться в сторону по направляющим рельсам для осмотра и ремонта;

– в комплект поставки кондиционеров входит шкаф управления и ТСА для контроля параметров воздуха, как правило, для регулирования частоты вращения рабочего колеса применяется преобразователь частоты.

Подбор блоков, расчет их технических характеристик и компоновка кондиционеров производится по программам, являющихся собственностью предприятий-изготовителей.

Как правило, проектные организации такими программами не располагают и заказывают разработку исходных данных для проектирования предприятиям-изготовителям кондиционеров. Исходные данные для проектирования включаются в рабочую документацию, как ее неотъемлемую часть.

Таким образом, для получения кондиционеров, в максимальной степени соответствующих требованиям Заказчика, необходима разработка подробного и качественного ТЗ на разработку ПСД или на закупку оборудования.

Послесловие

Уважаемые коллеги, или будущие коллеги!

Примите, пожалуйста, к сведению советы, выработанные многолетним опытом работы:

Храните заводскую документацию, особенно на локализующую арматуру, изделия противопожарного назначения, оборудование СВБ, она может пригодиться в самый неожиданный момент: для разработки технических заданий на модернизацию систем, программ оценки технического состояния оборудования, для предъявления инспекторам надзорных органов и т.д.

Собирайте и храните информацию о значениях рабочих и предельно допускаемых параметров окружающей среды, указанную в заводской документации оборудования (с обязательным указанием источника), она обязательно пригодится для работы с проектными организациями и подразделениями АС.

Учитесь доказывать и обосновывать свое мнение при устранении замечаний к разработанным Вами документам, при расследовании отклонений в работе АС.

Изучайте техническую литературу, статьи в специализированных журналах, имеющие хоть какое-то отношение к Вашей специальности.

Общайтесь с коллегами – преподавателями учебных заведений, специалистами проектных организаций, экспертами надзорных органов по профессиональным вопросам, это будет полезным для всех сторон.

Собирайте и храните нормативную документацию независимо от источника и года ввода ее в действие, часто в ней можно найти полезные требования, упущенные в действующей нормативной документации.

В настоящее время в Интернете выложено множество нормативных документов, скачать часть которых можно бесплатно, вот несколько советов по их поиску:

– стандарты ЕС, введенные в действие, как национальные стандарты Беларуси (СТБ), можно найти на белорусских ресурсах;

– стандарты ЕС, введенные в действие, как национальные стандарты отдельных стран ЕС, можно найти на соответствующих ресурсах.

Шифры и названия ТУ можно найти в гигиенических заключениях (сертификатах), сертификатах пожарной безопасности.

Собирайте и храните техническую литературу, если в ней имеется полезная информация.

Если увидите разночтения в нормативной документации, делайте технические заключения и храните их, хотя бы для себя, рано или поздно они пригодятся.

Изучите Microsoft Excel и редактор VBA, с их помощью можно выполнять вычисления, сохранять на жестком диске компьютера результаты, считывать их, одним нажатием кнопки создавать типовые документы по заранее заготовленным шаблонам.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Сведения о клапанах противопожарных и дымовых, соответствующих стандартам документам ЕС и РБ

А.1 Согласно [60], [61], [62] и [63], обозначение класса огнестойкости клапанов состоит из условных обозначений нормируемых предельных состояний и цифры, соответствующей времени достижения одного из них (первого по времени) в минутах:

– целостность (E) – способность компонента предотвращать передачу огня в результате прохождения значительного количества пламени или горячих газов от огня на незащищенную сторону, вызывая тем самым воспламенение любого из незагоревшихся объектов, поверхности или любого материала, прилегающего к этой поверхности.

– теплоизолирующая способность (I) – способность компонента выдерживать одностороннее воздействие огня без передачи огня в результате значительной передачи тепла со стороны, обращенной к огню, на противоположную сторону.

– дымонепроницаемость (S) – способность компонента противостоять прохождению газов или дыма при температуре окружающей среды и во время воздействия стандартной температуры / времени испытания.

А.2 Сведения о клапанах противопожарных согласно [60] и [62]

А.2.1 Согласно для клапанов противопожарных нормируются предельные состояния огнестойкости по признакам:

– утраты целостности (E);

– утраты теплоизолирующей способности (I);

– превышения предельных значений утечки (S) при нормальной температуре.

А.2.2 Критерии эффективности испытаний клапанов противопожарных приведены в таблице А.1.

Таблица А.1

Классификация	Размер для тестирования	Предельно допускаемая утечка через закрытую заслонку при нормальной температуре среды, $м^3/(ч \cdot м^2)$	Параметры при проведении испытаний на огнестойкость	
			Предельно допускаемая утечка, $м^3/(ч \cdot м^2)$	Предельно допускаемое превышение температуры поверхности, °С среднее / максимальное
E	max	Не регламентируется	360*	Не регламентируется
E-S	max	200	200*	Не регламентируется
	min	200	Не проводится	Не регламентируется
EI	max	Не регламентируется	360*	140 / 180
EI-S	max	200	200*	140 / 180
	min	200	Не проводится	Не проводится
* – пределы утечки применяются только через 5 минут после начала испытаний.				

А.2.3 Полное обозначение класса огнестойкости клапанов противопожарных:

E	I		t	t	t		(	v_e и/или h_o	i	*	o	)	S
* – указывается знак «→», «←» или «↔», означающий, что критерии предельного состояния удовлетворяются при огневом воздействии изнутри, снаружи или в обоих случаях.													

Условные обозначения:

– tt (ttt) – время достижения одного из предельных состояний (первого по времени) в минутах;

– ve – пригоден для монтажа в вертикальном положении;

– ho – пригоден для монтажа в горизонтальном положении.

Например, обозначение класса огнестойкости клапана противопожарного

EI 120 (v_e h_o i↔o)S

означает, что по признакам утраты целостности и теплоизолирующей способности, превышения предельных значений утечки при нормальной температуре предел огнестойкости клапана противопожарного не менее 120 минут и менее 150 минут при монтаже в вертикальном или горизонтальном положении и при огневом воздействии изнутри или снаружи.

Например, обозначение класса огнестойкости клапана противопожарного

EI 60 (v_e i→o)

означает, что по признакам утраты целостности и теплоизолирующей способности предел огнестойкости клапана противопожарного не менее 60 минут и менее 90 минут при вертикальном монтаже и при огневом воздействии изнутри.

А.3 Сведения о клапанах дымовых по [61] и [63]

А.3.1 Для клапанов дымовых нормируются предельные состояния огнестойкости по признакам:

– утраты целостности (E);

– утраты теплоизолирующей способности (I);

– превышения предельных значений утечки (S) при нормальной температуре;

– потери механической устойчивости, входит в критерий потери целостности (E);

– изменение размера поперечного сечения, входит в критерий потери целостности (E).

А.3.2 Критерии эффективности испытаний клапанов дымовых приведены в таблице А.2.

Таблица А.2

Классификация	Размер для тестирования	Предельно допускаемая утечка через закрытую заслонку при нормальной температуре среды, $м^3/(ч·м^2)$	Параметры при проведении испытаний на огнестойкость	
			Предельно допускаемая утечка, $м^3/(ч·м^2)$	Предельно допускаемое превышение температуры поверхности, °С среднее / максимальное
1	2	3	4	5
E	max	360	360*	Не регламентируется
	min	360	Не проводится	Не проводится
E-S	max	200	200*	Не регламентируется
	min	200	Не проводится	Не проводится
EI	max	360	360*	140 / 180
	min	360	Не проводится	Не проводится

1	2	3	4	5
EI-S	max	200	200*	140 / 180
	min	200	Не проводится	Не проводится
* – применение предела утечки				

А.3.3 Критерии определения предельного состояния клапанов дымовых при повышенной температуре среды приведены в таблице А.3.

Таблица А.3

Классификация	Размер для тестирования	Предельно допускаемая утечка через закрытую заслонку при нормальной температуре среды, $м^3/(ч \cdot м^2)$	Параметры при повышенной температуре	
			Предельно допускаемая утечка, $м^3/(ч \cdot м^2)$	Предельно допускаемое превышение температуры поверхности, °С среднее / максимальное
E_{600}	max	360	360*	Не регламентируется
	min	360	Не проводится	Не проводится
$E_{600\text{-}S}$	max	200	200*	Не регламентируется
	min	200	Не проводится	Не проводится
* – применение предела утечки				

А.3.4 Полное обозначение класса огнестойкости клапанов дымовых для одного отсека:

E	T		t	t	t		(	v_e	-	h_o	-	I	****	o	)		S	*	*****	НОТ 400/30	АА или МА	single

А.3.5 Полное обозначение класса огнестойкости клапанов дымовых для нескольких отсеков:

E	(I)		t	t	t		(	**	-	***	-	I	****	o	)		S	*	*****	НОТ 400/30	АА или МА	multi

Примечания к А.3.4, А.3.5:

* – указывается рабочее отрицательное давление среды: 500 Па, 1000 Па или 1500 Па;

** – указываются обозначения v_{ed}, v_{ew} или v_{edw} ;

*** – указываются обозначения h_{od}, h_{ow} или h_{odw};

**** – указывается знак «→», «←» или «↔», означающий, что критерии предельного состояния удовлетворяются при огневом воздействии изнутри, снаружи или в обоих случаях;

***** – указывается назначение клапана: C_{300}, C_{10000} или C_{mod}.

Условные обозначения:

– tt (ttt) – время достижения одного из предельных состояний (первого по времени) в минутах;
– T – рабочая температура среды: 300 °С или 600 °С;
– v_e – пригоден для монтажа в вертикальном положении;
– h_o – пригоден для монтажа в горизонтальном положении.
– v_{ed}, v_{ew}, v_{edw} – пригоден для монтажа в вертикальном положении на воздуховоде, в стене или в обоих вариантах;
– h_{od}, h_{ow}, h_{odw} – пригоден для монтажа в горизонтальном положении на воздуховоде, в стене или в обоих вариантах;
– C_{300} – пригоден для использования только в системах дымоудаления;
– C_{10000} – пригоден для использования в системах дымоудаления и подачи наружного воздуха;
– C_{mod} – пригоден для использования в комбинированных системах дымоудаления и подачи наружного воздуха;
– НОТ 400/30 – клапан должен открываться или закрываться в течение 30 минут при температуре среды до 400 °С;
– АА – клапан дымовой пригоден для автоматической активации;
– МА – клапан дымовой пригоден для ручного управления;
– multi – клапан дымовой пригоден для применения в нескольких отсеках;
– single – клапан дымовой пригоден для применения в одном отсеке.

Например, обозначение класса огнестойкости клапана дымового:

$E_{600}60$ (v_e–i→o) S1500C_{1000}MAsingle

означает, что по признакам утраты целостности и теплоизолирующей способности, превышения предельных значений утечки при температуре среды 600 °C и огневом воздействии изнутри предел огнестойкости клапана дымового не менее 60 минут и менее 90 минут; пригоден для монтажа в вертикальном положении; рабочее отрицательное давление среды 1500 Па; пригоден для использования в системах дымоудаления и подачи наружного воздуха; пригоден для автоматической активации, одностворчатый.

Например, обозначение класса огнестойкости клапана дымового:

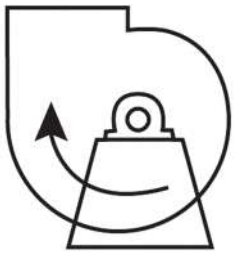
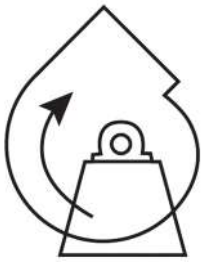
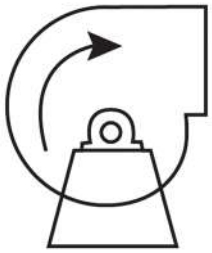
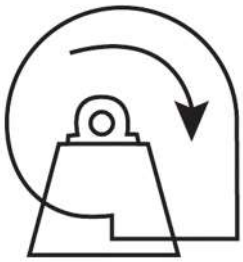
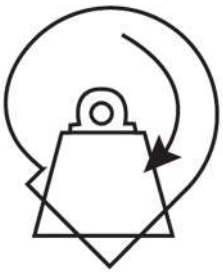
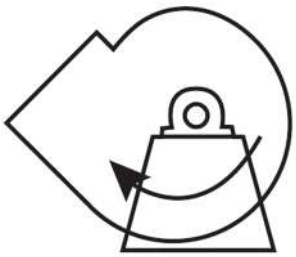
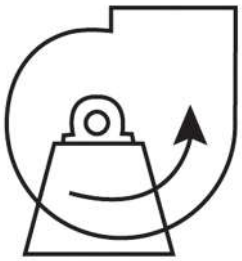
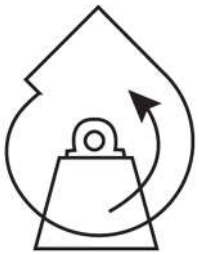
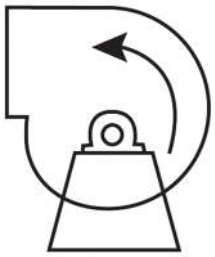
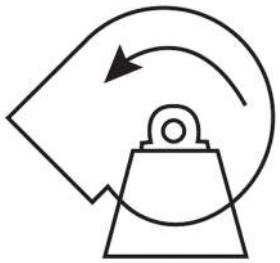
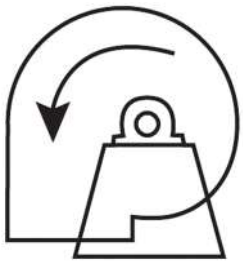
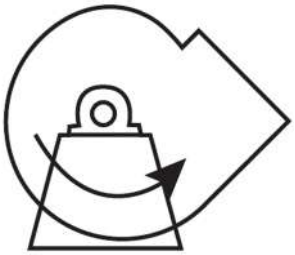
EI 60 (v_{edw}–i↔o) S500C_{300}AAmulti

означает, что по признакам утраты целостности и теплоизолирующей способности, превышения предельных значений утечки при нормальной температуре и огневом воздействии изнутри или снаружи предел огнестойкости клапана дымового не менее 60 минут и менее 90 минут; пригоден для монтажа в вертикальном положении на воздуховоде или в стене; рабочее отрицательное давление среды 500 Па; пригоден для использования только в системах дымоудаления; пригоден для ручного управления, многостворчатый.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Сведения о стандарте AMCA 99-2406

Б.1 Конструктивные исполнения вентиляторов радиальных по стандарту [79] приведены на рис. Б.1.

 CW360	 CW45	 CW90	 CW135
 CW180	 CW225	 CW270	 CW315
 CCW360	 CCW45	 CCW90	 CCW135
 CCW180	 CCW225	 CCW270	 CCW315

Примечания

1. Направление вращения рабочего колеса определяется со стороны привода вентилятора: CW – по часовой стрелке; CCW – против часовой стрелки.

2. В вентиляторах одностороннего всасывания сторона привода всегда считается стороной, противоположной входному отверстию вентилятора (даже если привод осуществляется через входное отверстие вентилятора).

3. В вентиляторах двустороннего всасывания с приводом с обеих сторон сторона привода соответствует стороне привода более высокой мощности.

4. Угол поворота выходного патрубка отсчитывается от вертикальной оси вентилятора и измеряется в градусах от этой стандартной базовой оси.

5. Для вентилятора, перевернутого для подвешивания к потолку или для установки на стене в боковом положении, направление вращения и угол поворота выходного патрубка определяются, когда вентилятор стоит на полу.

Рисунок Б.1 – Конструктивные исполнения вентиляторов радиальных по [79]

Б.2 Для вентиляторов радиальных с ременной передачей расположение электродвигателя обозначается буквой согласно рис. Б.2.

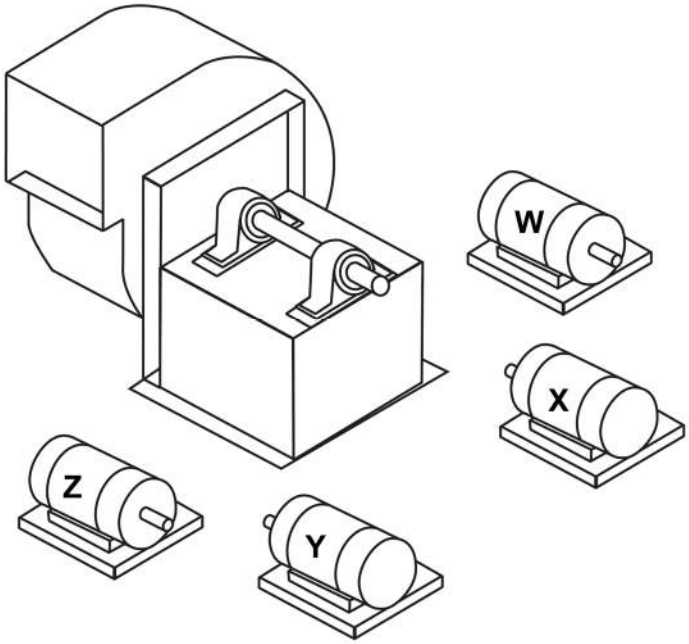
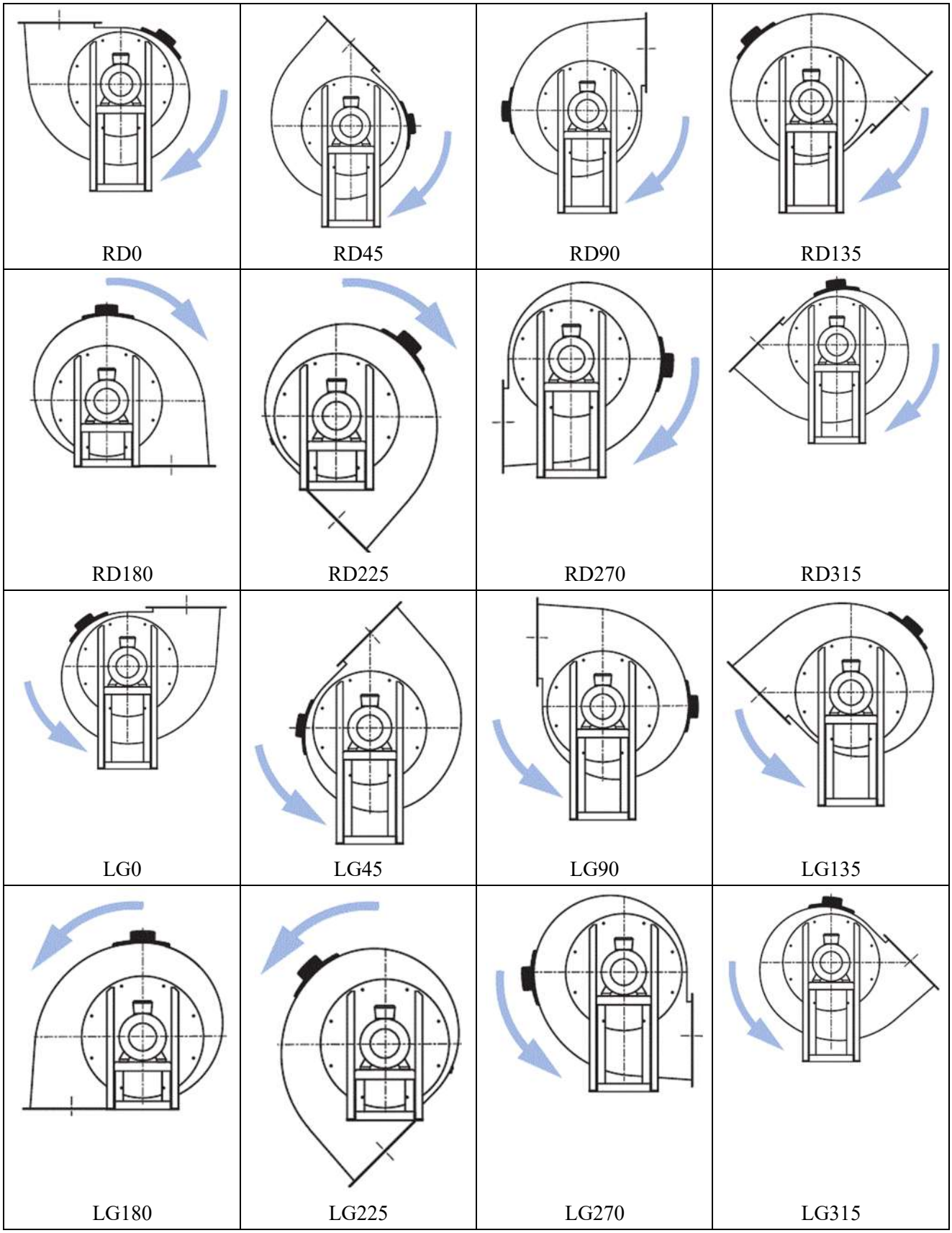


Рисунок Б.2 – Обозначения расположения электродвигателя вентиляторов радиальных с ременной передачей по [79]

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Сведения о стандарте ISO 13349-2

В.1 Конструктивные исполнения вентиляторов радиальных по стандарту [80] приведены на рис. В.1.



Примечание – Направление вращения рабочего колеса определяется со стороны привода вентилятора: RD – по часовой стрелке; LG – против часовой стрелки.

Рисунок В.1 – Конструктивные исполнения вентиляторов радиальных по [80]

В.2 Для вентиляторов радиальных с ременной передачей расположение электродвигателя обозначается буквой согласно рис. В.2.

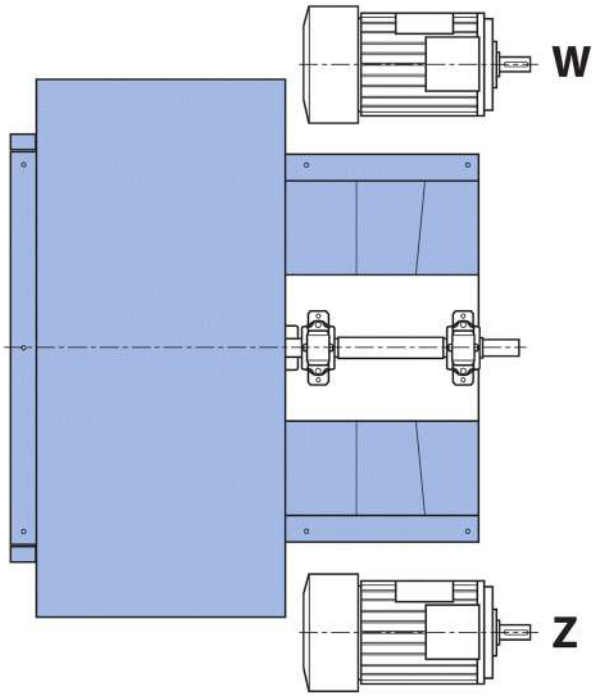


Рисунок В.2 – Обозначения расположения электродвигателя вентиляторов радиальных с ременной передачей по [80]

В.3 В РФ действует стандарт [259], он является модифицированным по отношению к международному стандарту [80], перечень различий приведен в приложении ДА [259]. Конструктивные исполнения вентиляторов радиальных в нем указаны в соответствии со стандартом [67].

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Спектры реакции на отм. 24,600 при МРЗ и на отм. 41,400 при ПЗ реакторного отделения блоков № 1, 2

Г.1 Исследованиями площадки Запорожской АЭС установлены значения пиковых ускорений грунта (PGA):

– при ПЗ – 0,085g;

– при МРЗ – 0,17g.

Г.2 Специализированными организациями определены значения пиковых поэтажных ускорений во всех реакторных отделениях Запорожской АЭС в виде графиков для каждой из отметок и каждого направления (X, Y, Z), составленных для коэффициентов демпфирования 1%, 2% и 5% от критического значения. Выяснено, что максимальные значения пиковых поэтажных ускорений имеются в РО-1 и РО-2. В качестве примера приведены спектры реакции на отм. 25,700; 27,000; 28,800 РО-1 при PGA=0,17g (выше нет оборудования систем вентиляции I категории сейсмостойкости) на рис. Г.1-Г.3.

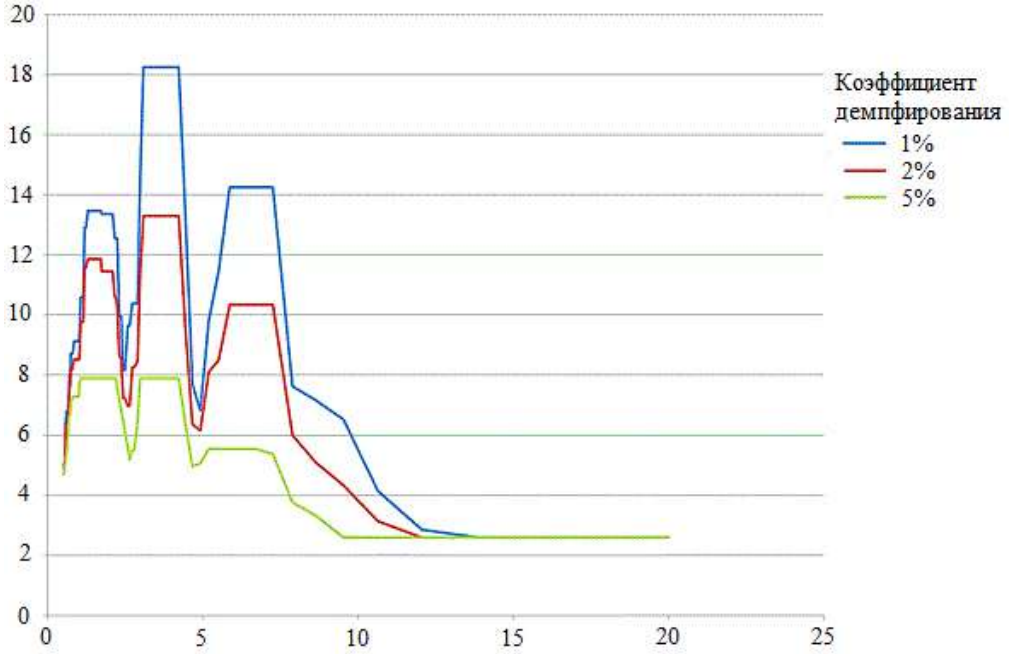


Рисунок Г.1 – Спектр реакции на отм. 25,700, 27,000, 28,800 по направлению AX (при 0,17g)

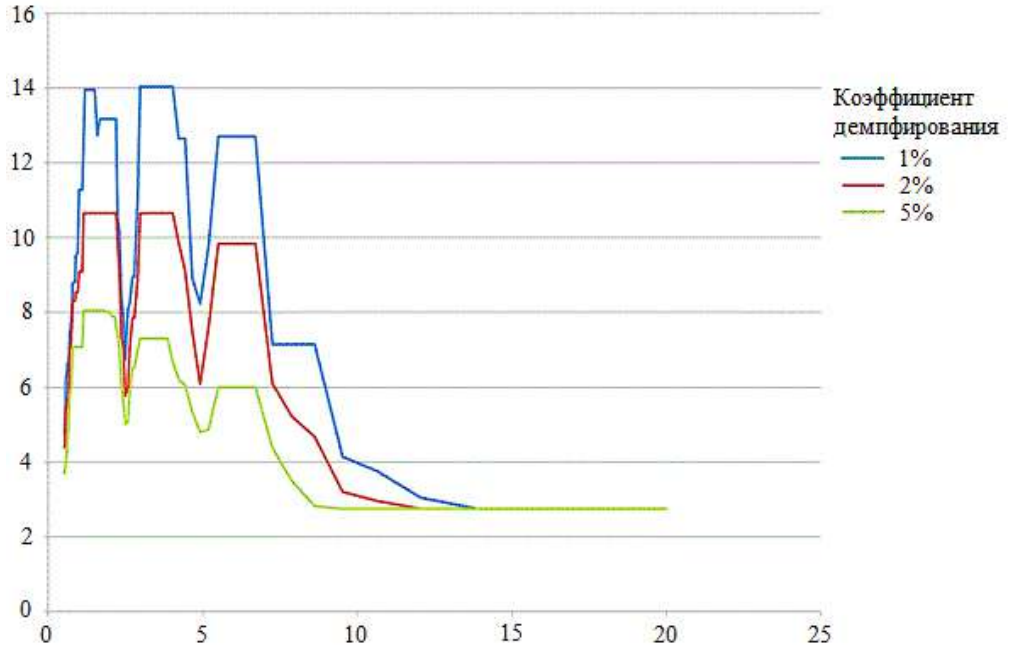


Рисунок Г.2 – Спектр реакции на отм. 25,700, 27,000, 28,800 по направлению AY (при 0,17g)

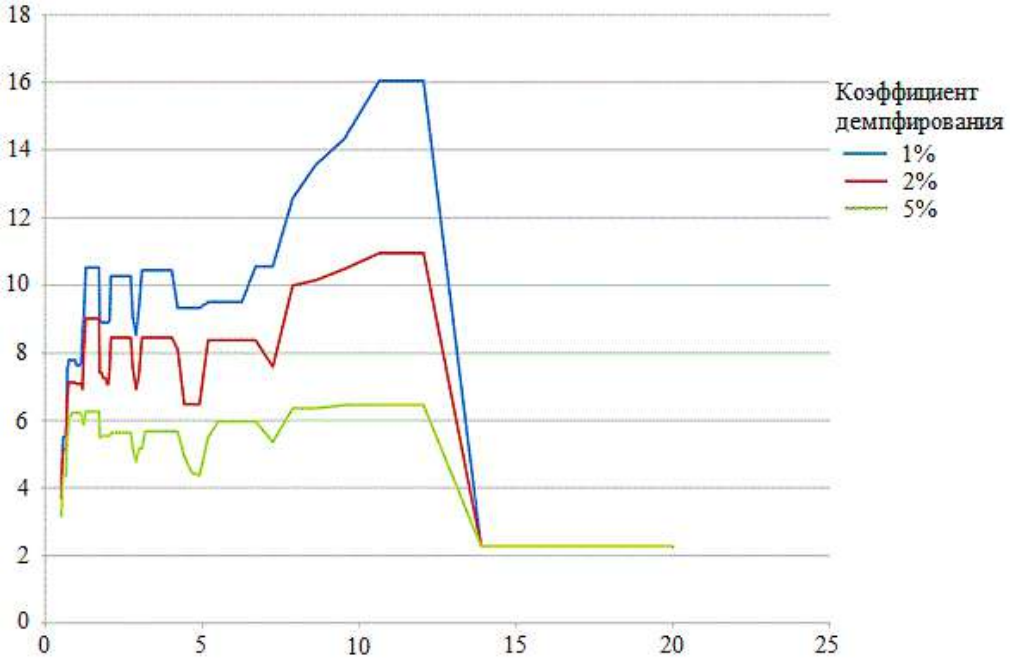


Рисунок Г.3 – Спектр реакции на отм. 25,700, 27,000, 28,800 по направлению AZ (при 0,17g)

Г.3 В качестве примера приведены спектры реакции на отм. 38,360, 39,800, 41,400 РО-1 при PGA=0,085g (на более высоких отметках оборудования систем вентиляции II категории сейсмостойкости нет) на рис. Г.4-Г.6.

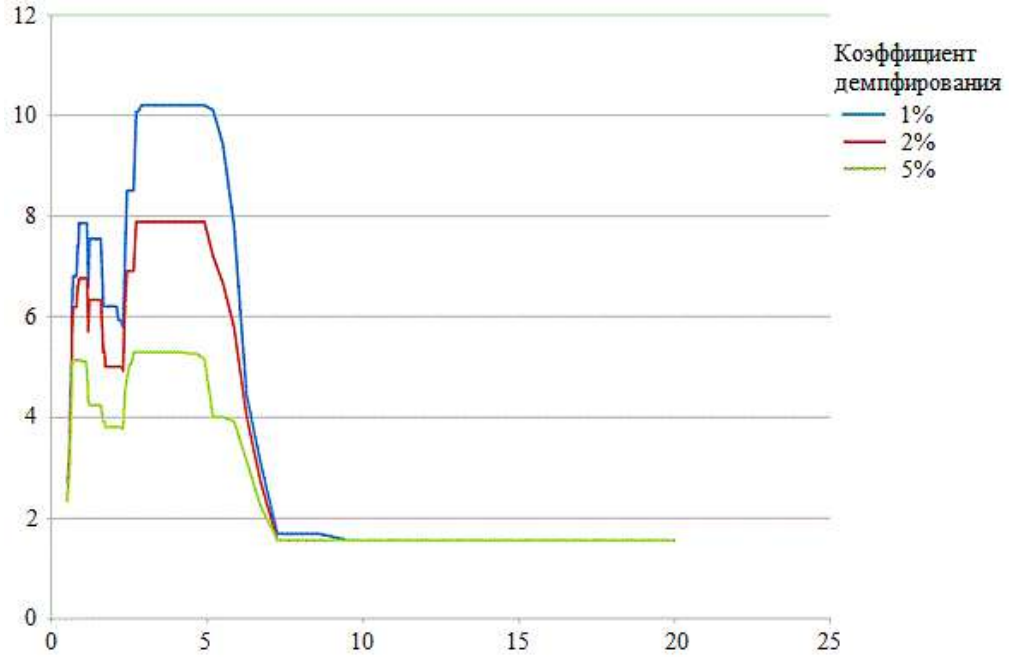


Рисунок Г.4 – Спектр реакции на отм. 38,360, 39,800, 41,400 по направлению AX (при 0,085g)

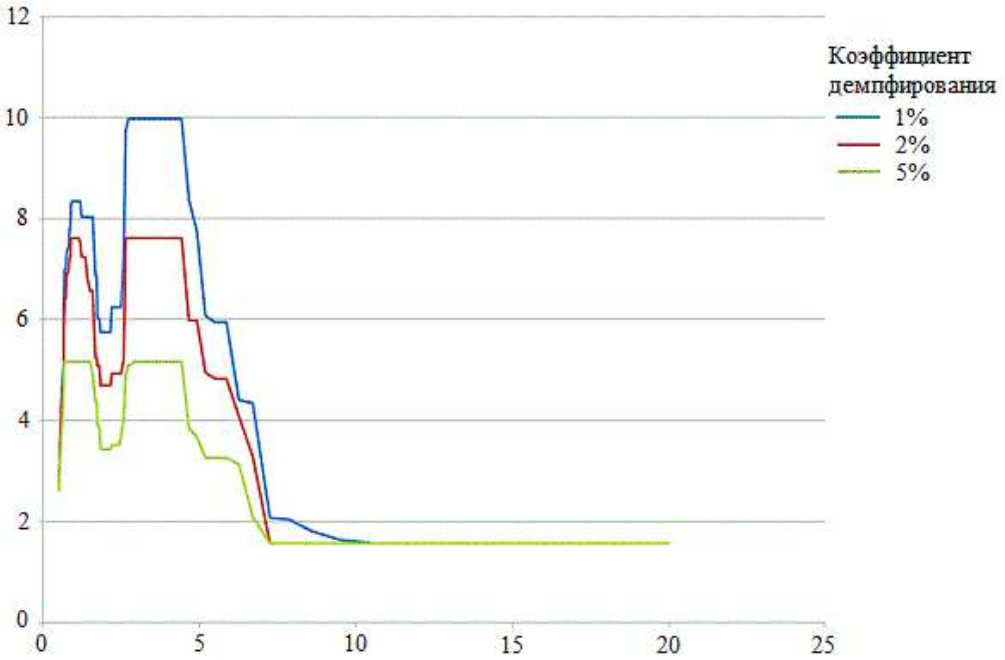


Рисунок Г.5 – Спектр реакции на отм. 38,360, 39,800, 41,400 по направлению AY (при 0,085g)

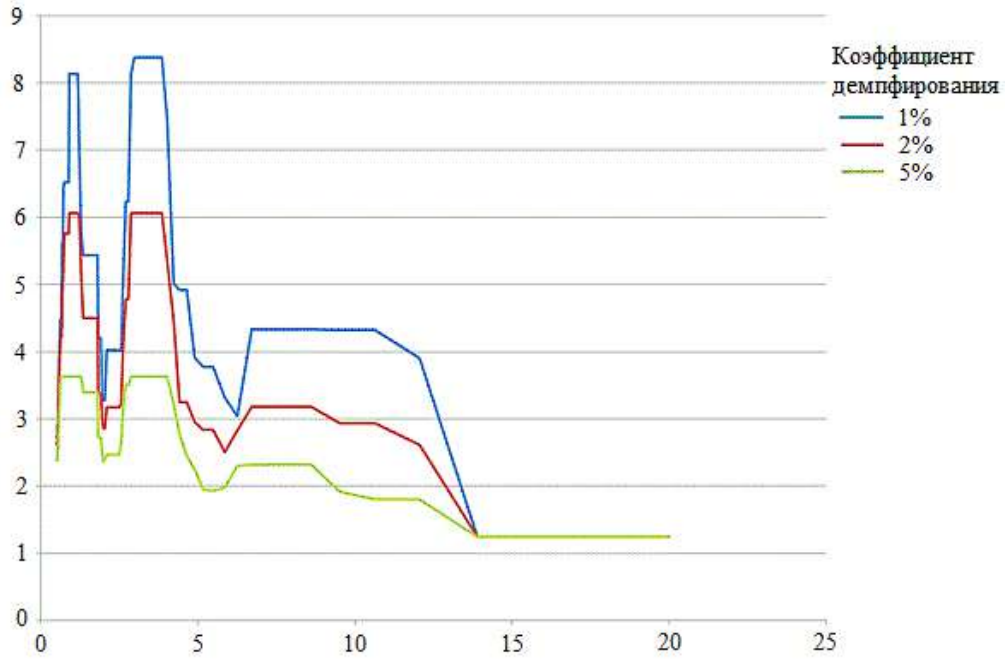
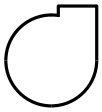
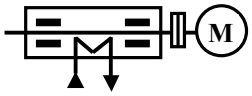
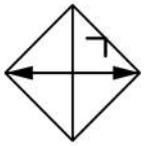
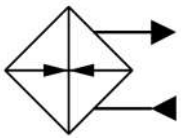
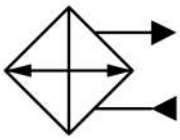
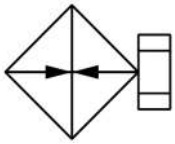
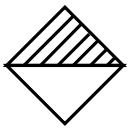
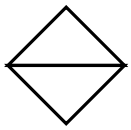
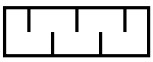
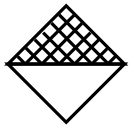
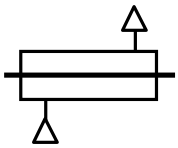
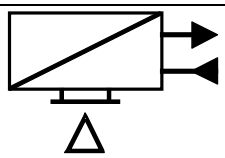
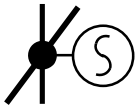
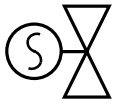
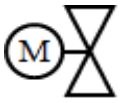
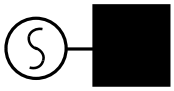
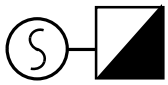
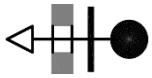
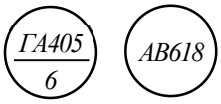
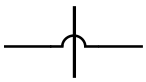
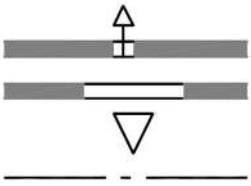
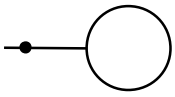
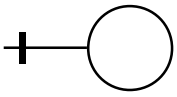
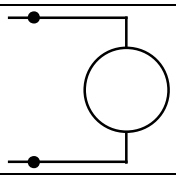


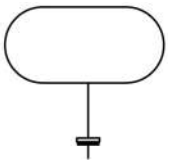
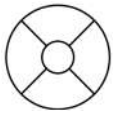
Рисунок Г.6 – Спектр реакции на отм. 38,360, 39,800, 41,400 по направлению AZ (при 0,085g)

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Условные обозначения на схемах систем вентиляции и кондиционирования воздуха

Условное обозначение	Наименование	Условное обозначение	Наименование
Оборудование			
	Вентилятор радиальный		Вентилятор осевой
	Электродвигатель с ходовой частью и змеевиком охлаждения		Направляющий аппарат с ручным приводом
	Камера орошения		Воздухонагреватель водяной
	Воздухоохладитель		Воздухонагреватель с электрическим нагревом
	Фильтр высокоэффективный воздушный (аэрозольный)		Фильтр общего назначения
	Шумоглушитель		Адсорбер угольный
	Охлаждаемая технологическая проходка		Кондиционер автономный
	Местный отсос		Эжектор
Арматура			
	Заслонка воздушная с электроприводом		Клапан вентиляционный герметичный, вентиль с электроприводом
	Клапан воздушный комбинированный запорно-обратный		Клапан вентиляционный герметичный быстродействующий
	Задвижка		Обратный клапан (на воде)

Условное обозначение	Наименование	Условное обозначение	Наименование
	Вентиль		Заслонка воздушная с ручным приводом (дроссель-клапан)
	Клапан обратный вентиляционный общего назначения		Клапан обратный вентиляционный взрывозащищенного исполнения
	Клапан предохранительный		Клапан противопожарный с ручным приводом
	Клапан противопожарный с электроприводом		Клапан дымовой с электроприводом
	Противовзрывное защитное устройство		Клапан избыточного давления
Другие элементы схем			
	Номер помещения		Пересечение трубопроводов без соединения
	Стена (перегородка) помещения		Направление движения воздуха
	Проходка в стене (перегородке) помещения		Направление движения воды
	Переток воздуха через проходки и проемы		Трубопровод
	Воздуховод		Закладная деталь в бетоне
Преобразователи измерительные первичные по виду измерения			
	Измерение давления		Измерение температуры
	Измерение перепада давления		Радиационный контроль

Условное обозначение	Наименование	Условное обозначение	Наименование
	Измерение относительной влажности		Измерение объемного расхода жидкости
Преобразователи измерительные первичные по назначению измерения			
A	Сигнализация	J	Показания (стрелочные)
B	Режимные блокировки	O	Аналоговый сигнал
C	Автоматическое регулирование	R	Регистрация (самописцы)
F	Блокировки, защищающие отдельное оборудование	S	Общестанционные защиты и защитные блокировки
Преобразователи измерительные первичные по месту установки вторичного прибора			
	По месту		В помещении щитов I СБ
	На БПУ		В помещении щитов II СБ
	На РПУ		В помещении щитов III СБ
Преобразователи измерительные первичные по обработке сигнала в УВС			
1	Показания	4	Периодическая регистрация
2	Сигнализация	5	Регистрация отклонений
3	Расчеты	6	Регистрация двоичных сигналов

Примечания

1. Условные обозначения ПИП по обработке сигнала в УВС указываются на штриховой стрелке от обозначения по виду измерения, при нескольких выполняемых операциях через запятую.

2. Знак «+» или «–» рядом с буквой М обозначает выдачу сигнала в УВС соответственно при величине параметра выше или ниже уставки.

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Принципиальные схемы систем вентиляции и охлаждения гермооболочки

Принципиальные схемы систем вентиляции и охлаждения герметичной части блоков № 1-6 выполнены на отдельных листах, на них показаны:

- реактор в шахте, шахта мокрой перегрузки, бассейн выдержки и перегрузки топлива, помещения и боксы гермооболочки;
- системы охлаждения герметичной части TL01, TL03, TL04, TL05;
- система очистки воздуха в гермооболочке TL02;
- система поддержания разрежения в гермооболочке TL22, TL42;
- системы охлаждения проходок TL50, UV40;
- система охлаждения венткамер и проходок днища гермооболочки TL13;
- ремонтно-аварийные системы вентиляции герметичной части TL21, TL41;
- система воздухоснабжения пневмокостюмов TL48;
- воздухозаборные камеры AB912/1, 2, 4 с противовзрывными устройствами;
- помещения венттруб № 1 и № 2.

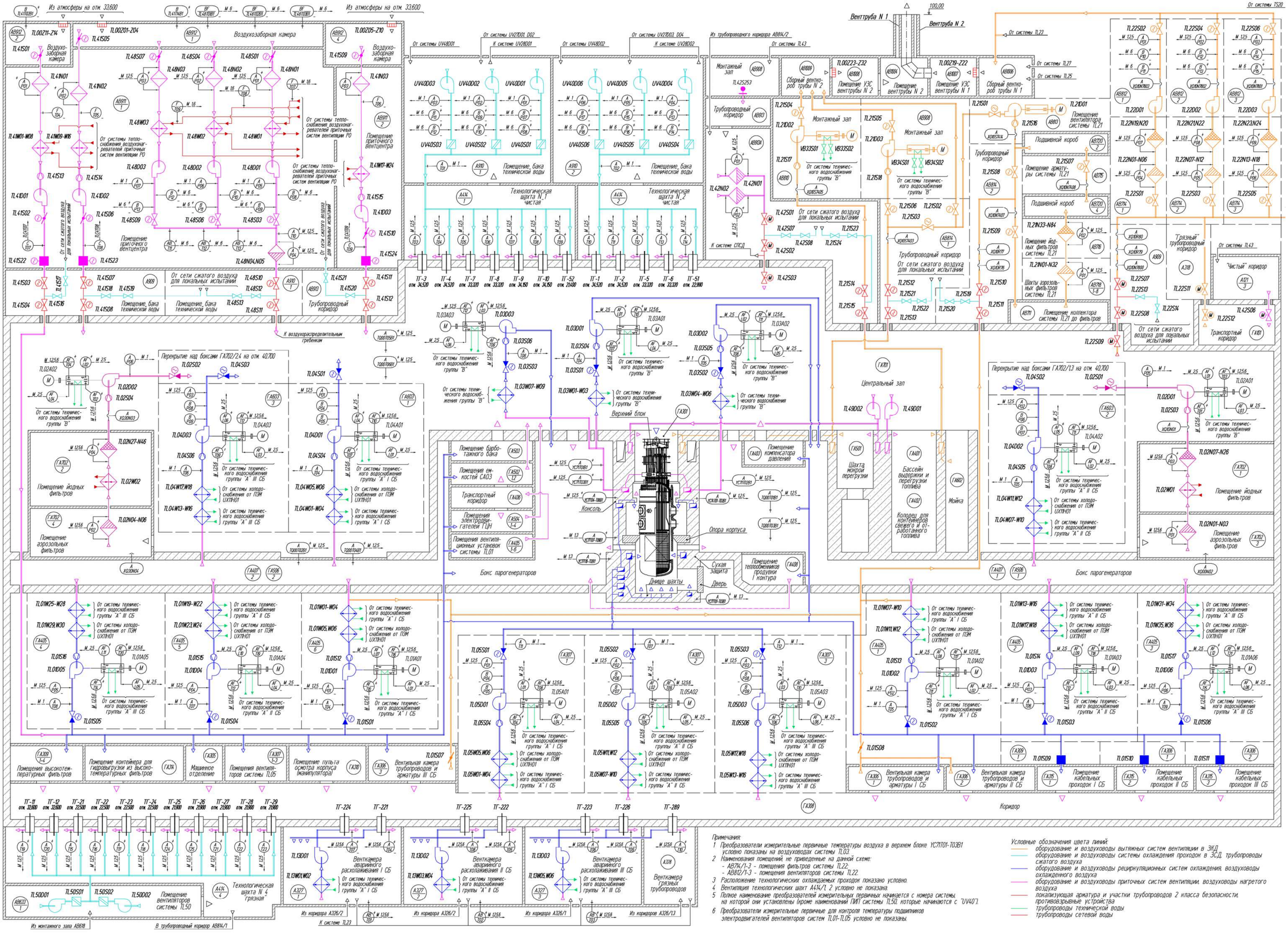
На указанных схемах показаны также:

- все СИ и ТСА систем вентиляции и охлаждения;
- СИ температуры воздуха, выходящего из ВБ;
- СИ температуры бетона шахты реактора;
- ссылки на схемы теплоснабжения и технического водоснабжения.

Для возможности размещения схемы на листе оперативные обозначения СИ и ТСА приведены в сокращенном виде. Например, на системе охлаждения TL04 установлено СИ для измерения температуры подшипников с оперативным обозначением TL04T10B1, а на схеме в условном обозначении СИ на ходовой части вентилятора TL04D01 указано только «T10».

Для примера принципиальные схемы систем вентиляции и охлаждения гермооболочки приведены:

- блока № 1 – на рис. Е.1;
- блока № 5 – на рис. Е.2.



Примечания:

1. Преобразователи измерительные первичные температуры воздуха в верхнем блоке УСЛП01-T03B1 условно показаны на воздуховодах системы TL03.
2. Наименования помещений, не приведенные на данной схеме:
   - AB74/1-3 - помещения фильтров системы TL22;
   - AB81Z/1-3 - помещения вентиляторов системы TL22.
3. Расположение технологических охлаждаемых проходок показано условно.
4. Вентиляция технологических шахт A41K/1, 2 условно не показана.
5. Полное наименование преобразователей измерительных первичных начинается с номера системы, на которой они установлены (кроме наименований ПИТ системы TL50, которые начинаются с "UV40").
6. Преобразователи измерительные первичные для контроля температуры подшипников электродвигателей вентиляторов систем TL01-TL05 условно не показаны.

Условные обозначения цвета линий:

- оборудование и воздуховоды вытяжных систем вентиляции в ЭКД
- оборудование и воздуховоды системы охлаждения проходок в ЭСД, трубопроводы сжатого воздуха
- оборудование и воздуховоды рециркуляционных систем охлаждения, воздуховоды охлажденного воздуха
- оборудование и воздуховоды приточных систем вентиляции, воздуховоды нагретого воздуха
- локализующая арматура и участки трубопроводов 2 класса безопасности, противовзрывные устройства
- трубопроводы технической воды
- трубопроводы сетевой воды

Рисунок Е.1 – Принципиальная схема систем вентиляции и охлаждения гермооболочки блока № 1

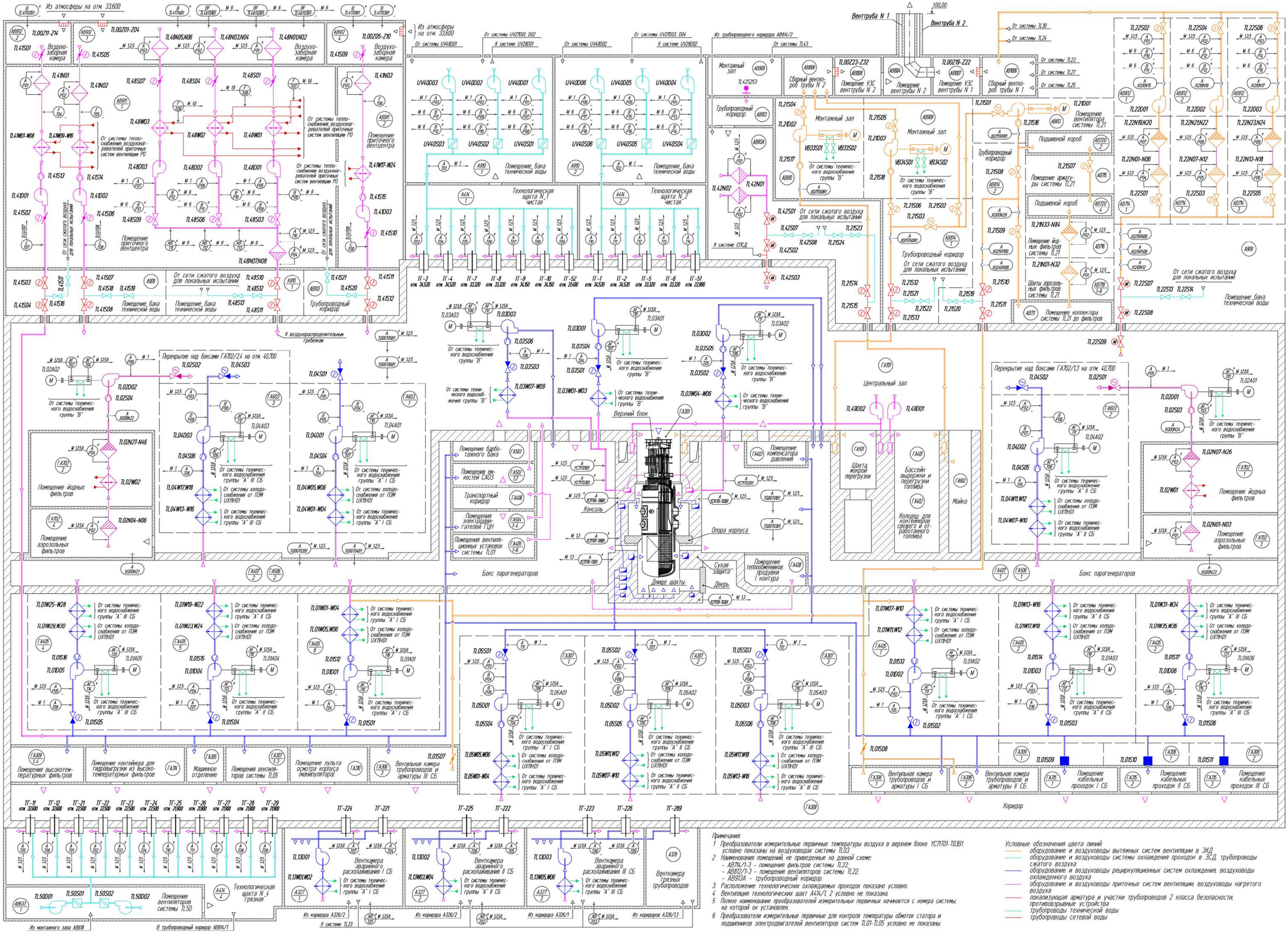


Рисунок Е.2 – Принципиальная схема систем вентиляции и охлаждения гермооболочки блока № 5

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

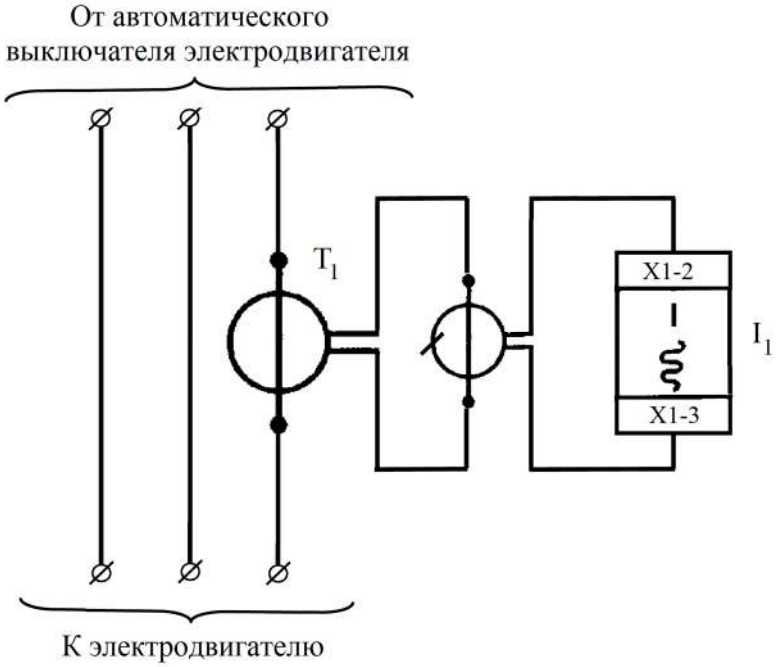
Результаты измерения пусковых токов электродвигателей вентиляторов систем TL02 и TL04 блоков № 1, 5

Ж.1 Измерения пусковых токов электродвигателей вентиляторов систем TL02 и TL04 проводились в 2010 году на блоках № 1, 5 Запорожской АЭС по отдельной программе, для измерений были выбраны вентиляторы:

– на блоке № 1 – TL02D01 и TL04D01 с клапанами воздушными комбинированными запорно-обратными фирмы Th. Jansen;

– на блоке № 4 – TL02D02 и TL04D01 с клапанами воздушными комбинированными запорно-обратными производства ПО «Каштяжпромарматура».

Ж.2 Измерительная схема показана на рис. Ж.1.



Условные обозначения: T_1 – трансформатор тока УТТ-5М;
I_1 – регистратор многоканальный «РЕКОН-08МС».

Рисунок Ж.1 – Измерительная схема

Ж.3 Программой было предусмотрено:

– включение вентилятора в работу и отключение его через 3 минуты;

– открытие электроприводом клапана воздушного комбинированного запорно-обратного со сборки;

– фиксация тарели клапана воздушного комбинированного запорно-обратного в открытом положении;

– включение вентилятора в работу и отключение его через 3 минуты;

– перевод тарели клапана воздушного комбинированного запорно-обратного в рабочее положение.

Ж.4 При включении вентиляторов регистрировалось напряжение на входе регистратора многоканального в течение 2 минут с частотой дискретизации 1000 Гц.

Ж.5 Результаты измерений приведены на рис. Ж.2-Ж.9.

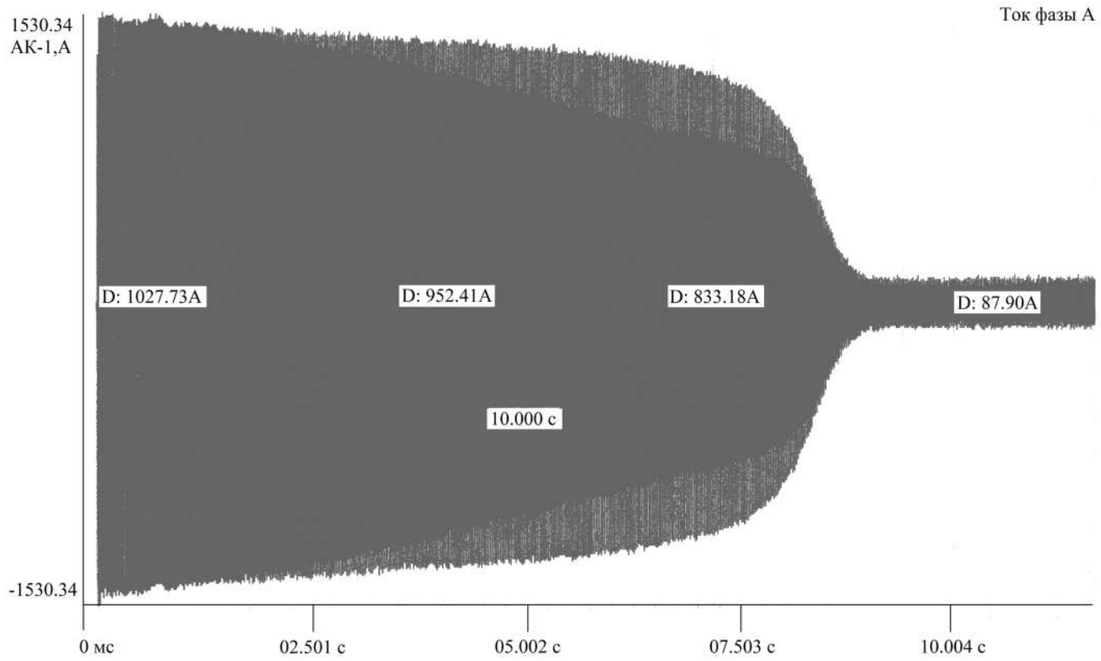


Рисунок Ж.2 – График пускового тока электродвигателя TL02D01 блока № 1 при проектном режиме ввода вентилятора в работу

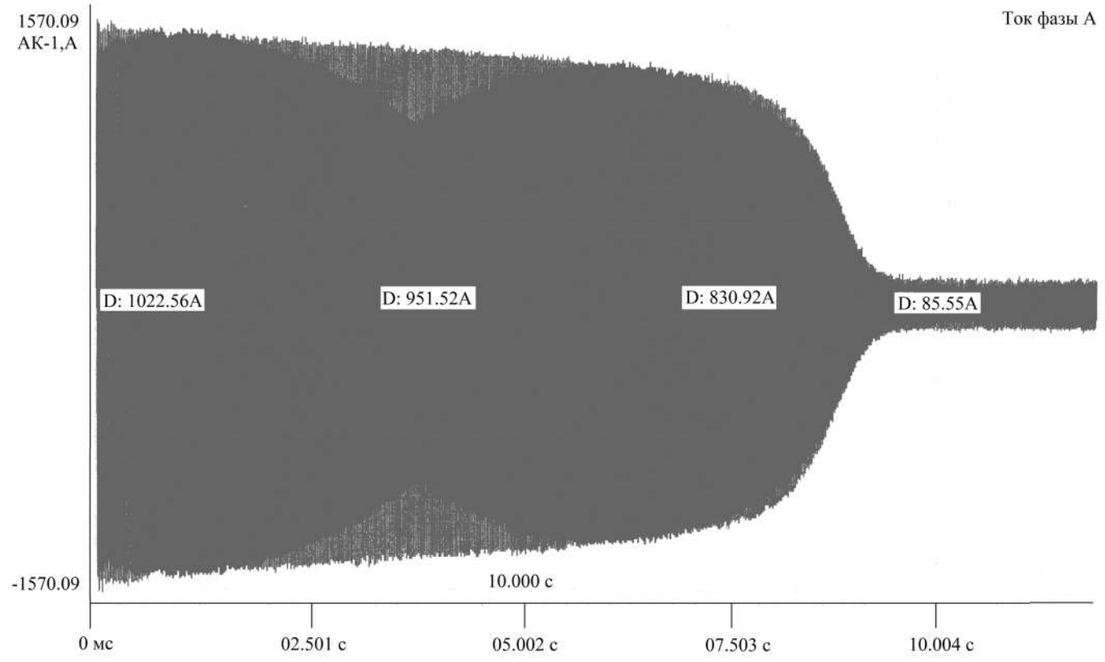


Рисунок Ж.3 – График пускового тока электродвигателя TL02D01 блока № 1 при принудительно открытом клапане запорно-обратном TL02S01

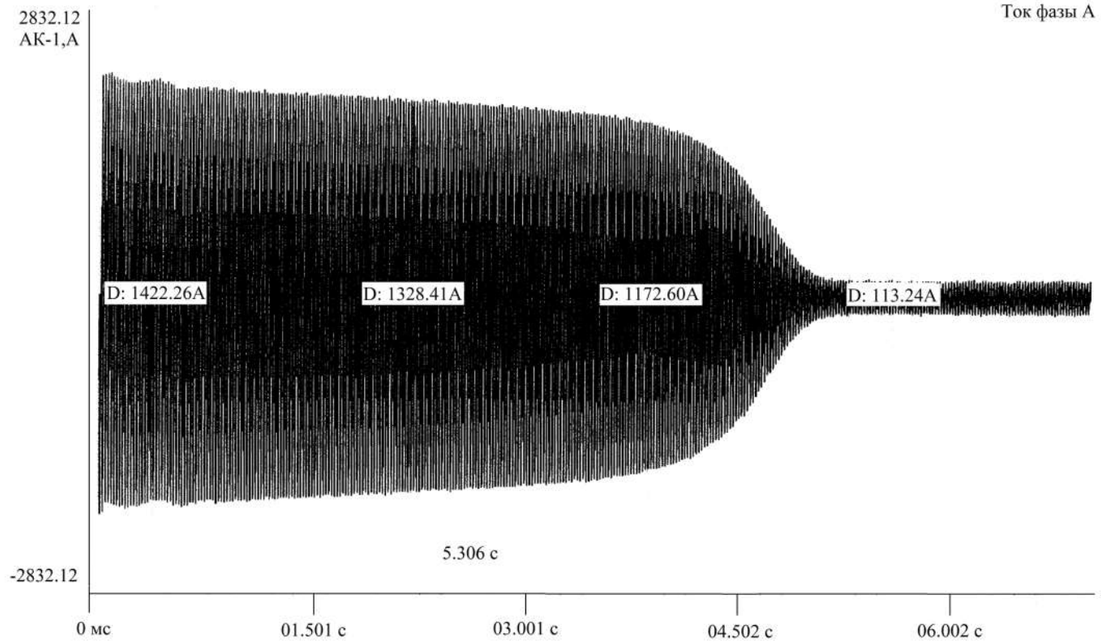


Рисунок Ж.4 – График пускового тока электродвигателя TL04D01 блока № 1 при проектном режиме ввода вентилятора в работу

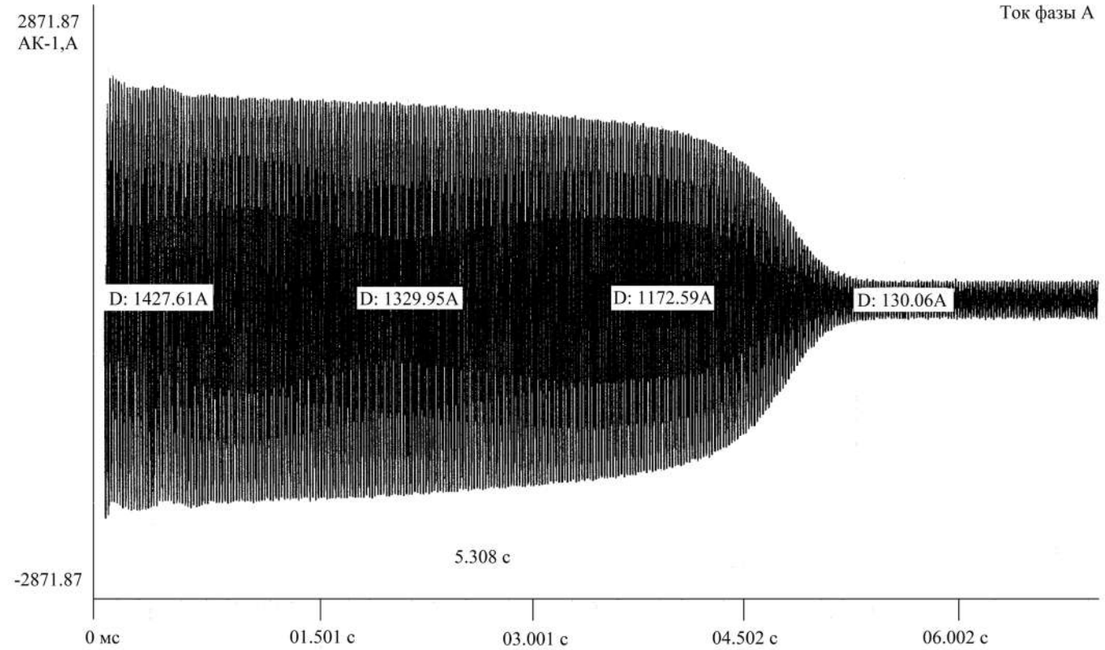


Рисунок Ж.5 – График пускового тока электродвигателя TL04D01 блока № 1 при принудительно открытом клапане запорно-обратном TL04S01

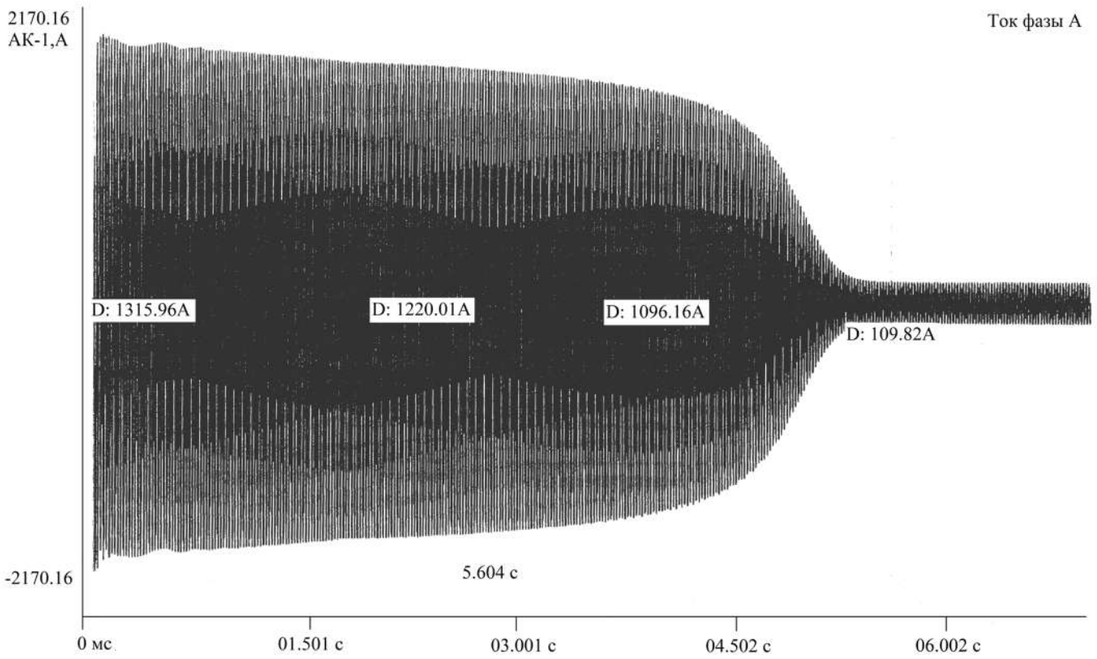


Рисунок Ж.6 – График пускового тока электродвигателя TL02D01 блока № 5
при проектном режиме ввода вентилятора в работу

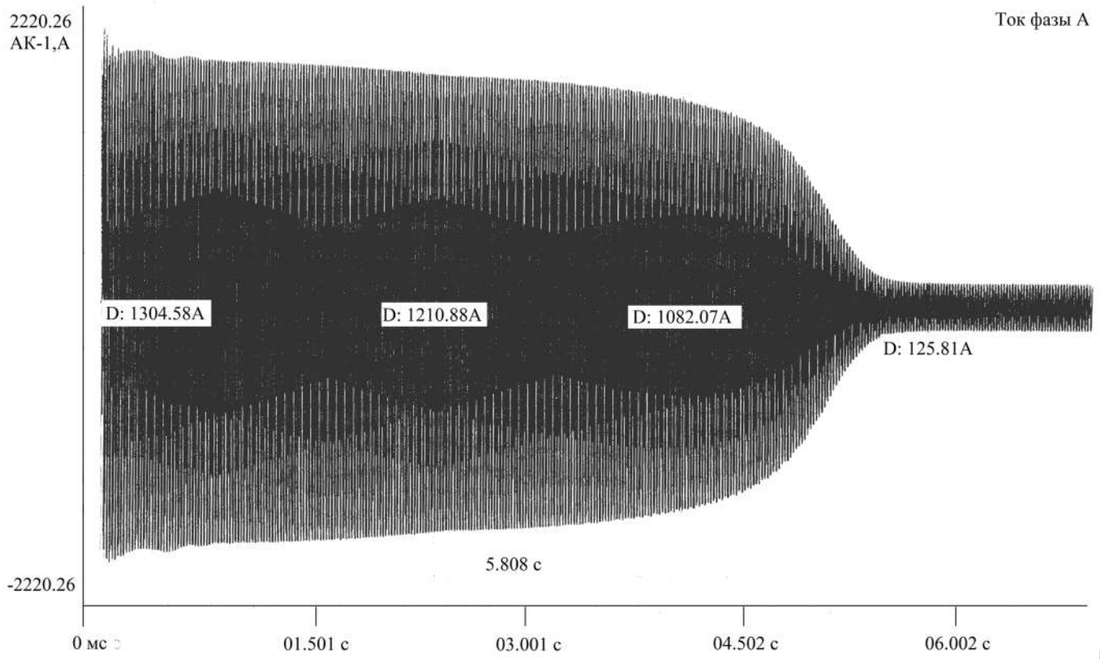


Рисунок Ж.7 – График пускового тока электродвигателя TL02D01 блока № 5
при принудительно открытом клапане запорно-обратном TL02S01

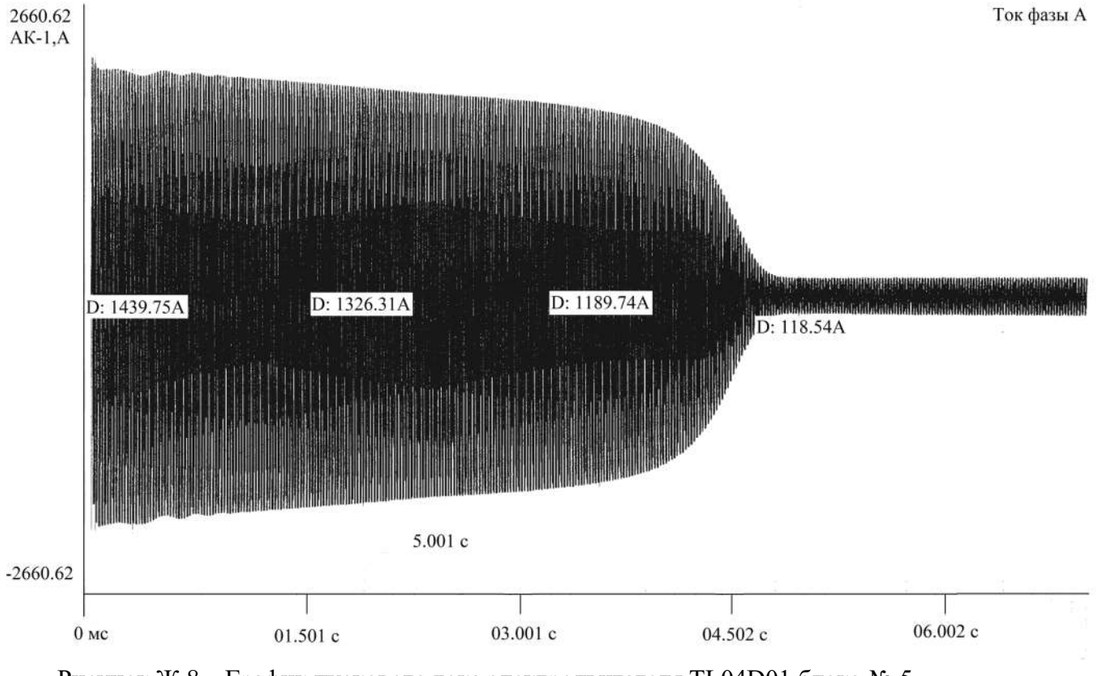


Рисунок Ж.8 – График пускового тока электродвигателя TL04D01 блока № 5
при проектном режиме ввода вентилятора в работу

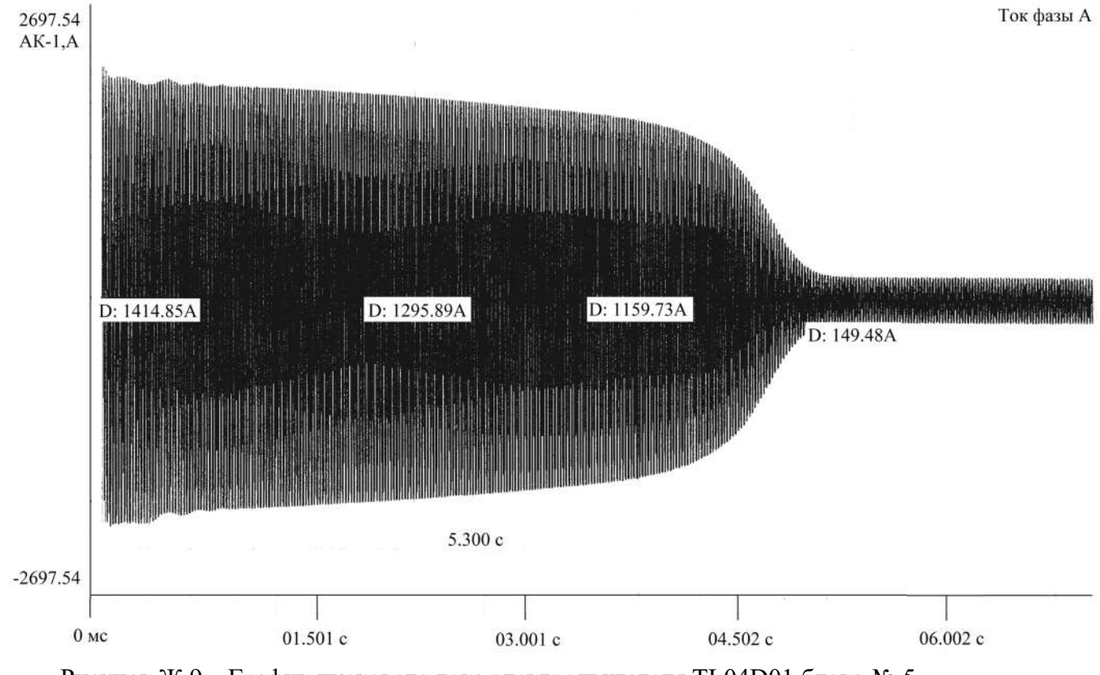


Рисунок Ж.9 – График пускового тока электродвигателя TL04D01 блока № 5
при принудительно открытом клапане запорно-обратном TL04S01

ПРИЛОЖЕНИЕ И

Результаты регистрации температуры и относительной влажности воздуха в помещениях гермооболочки блока № 1

В рамках продления ресурса блока № 1 был проведен мониторинг условий эксплуатации кабелей, для чего в гермооболочке были установлены СИ для измерения температуры и относительной влажности воздуха. Измерения выполнялись с использованием внутренних и внешних датчиков логгеров, регистрация измеренных значений осуществлялась путем записи в энергонезависимую память непрерывно с интервалом 2 часа.

Графики изменения температуры и относительной влажности воздуха в помещениях ГА504/1-4, ГА507 на блоке № 1 с сентября 2011 года по июль 2012 года показаны на рис. И.1-И.5.

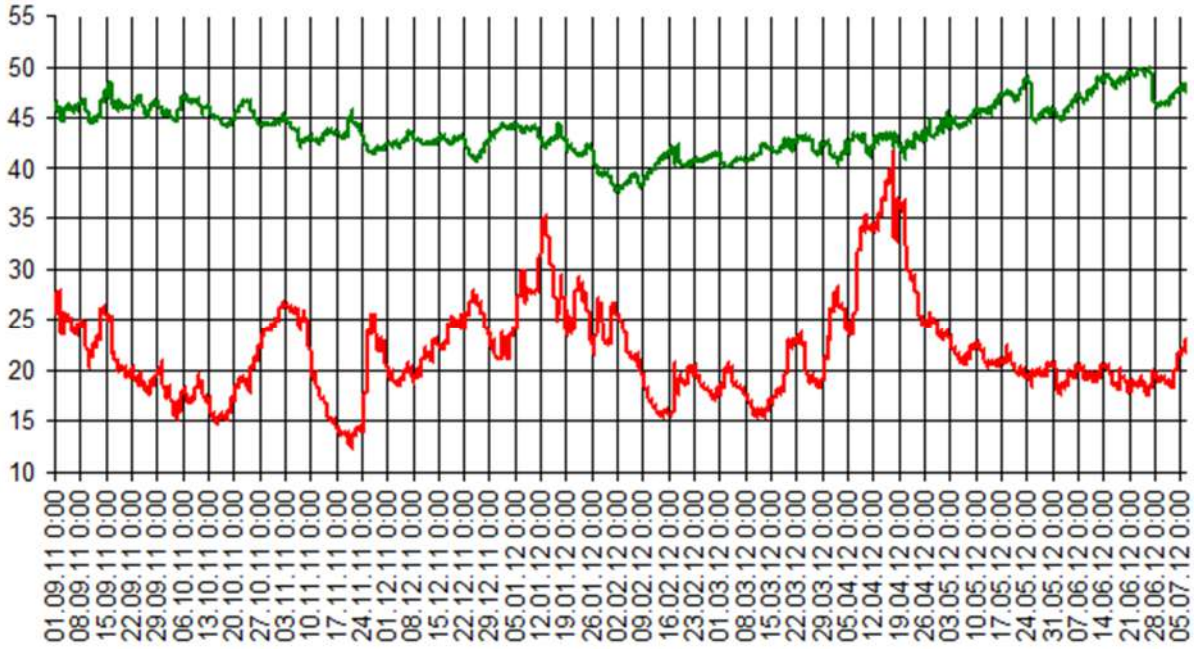


Рисунок И.1 – Графики изменения температуры (верхняя линия) и относительной влажности воздуха (нижняя линия) в помещении ГА507

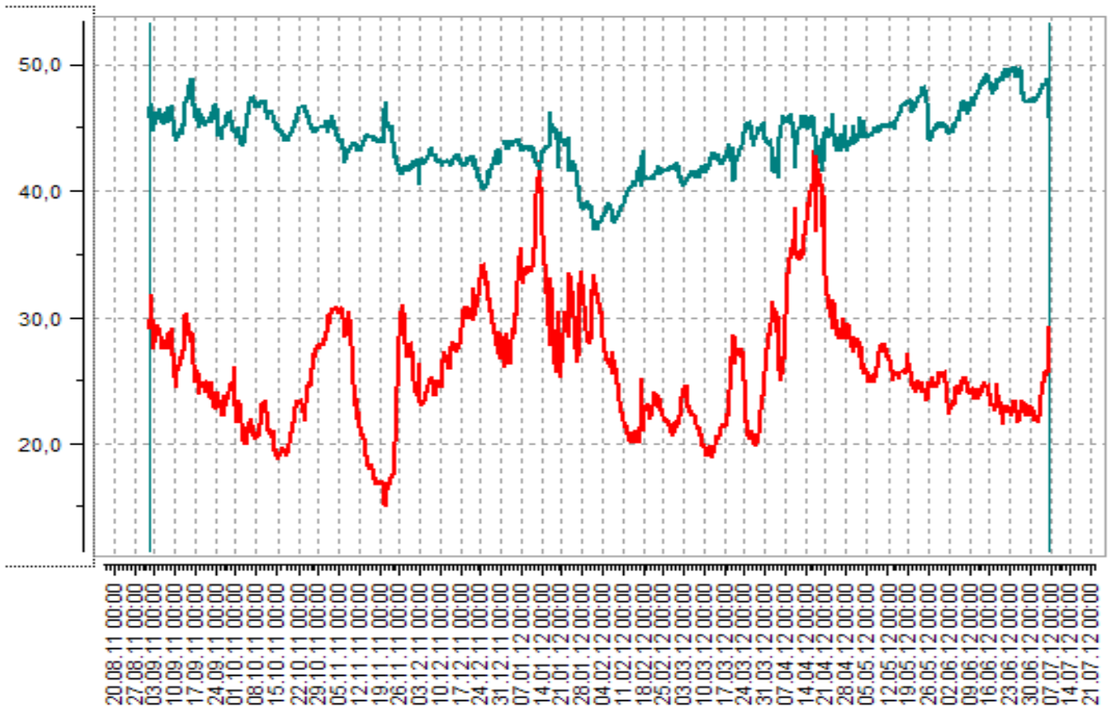


Рисунок И.2 – Графики изменения температуры (верхняя линия) и относительной влажности воздуха (нижняя линия) в помещении ГА504/1

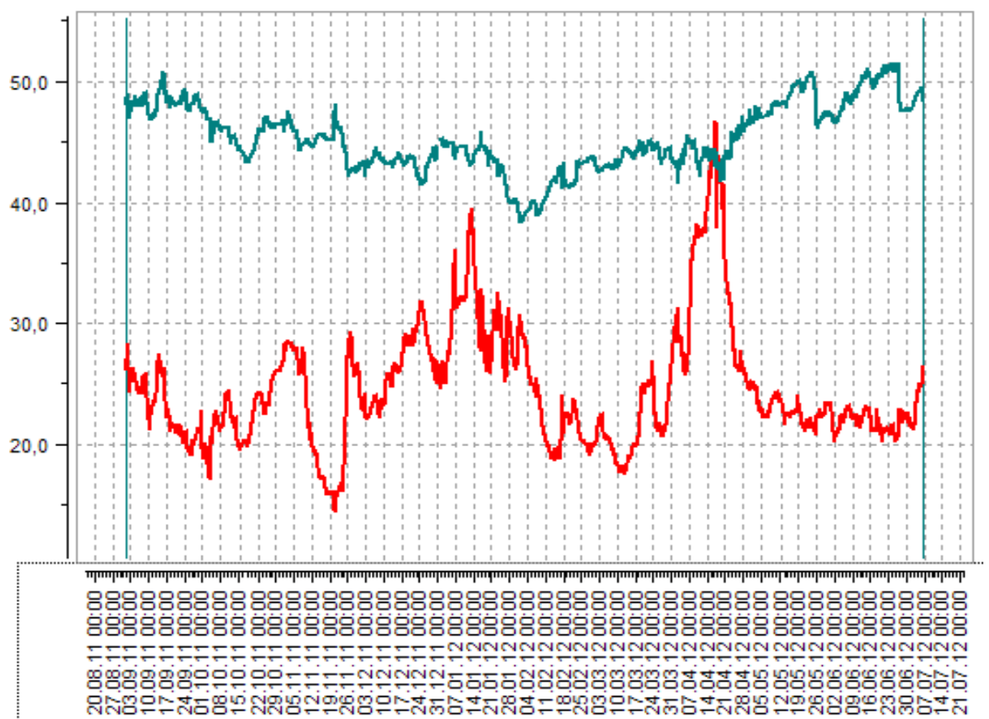


Рисунок И.3 – Графики изменения температуры (верхняя линия) и относительной влажности воздуха (нижняя линия) в помещении ГА504/2

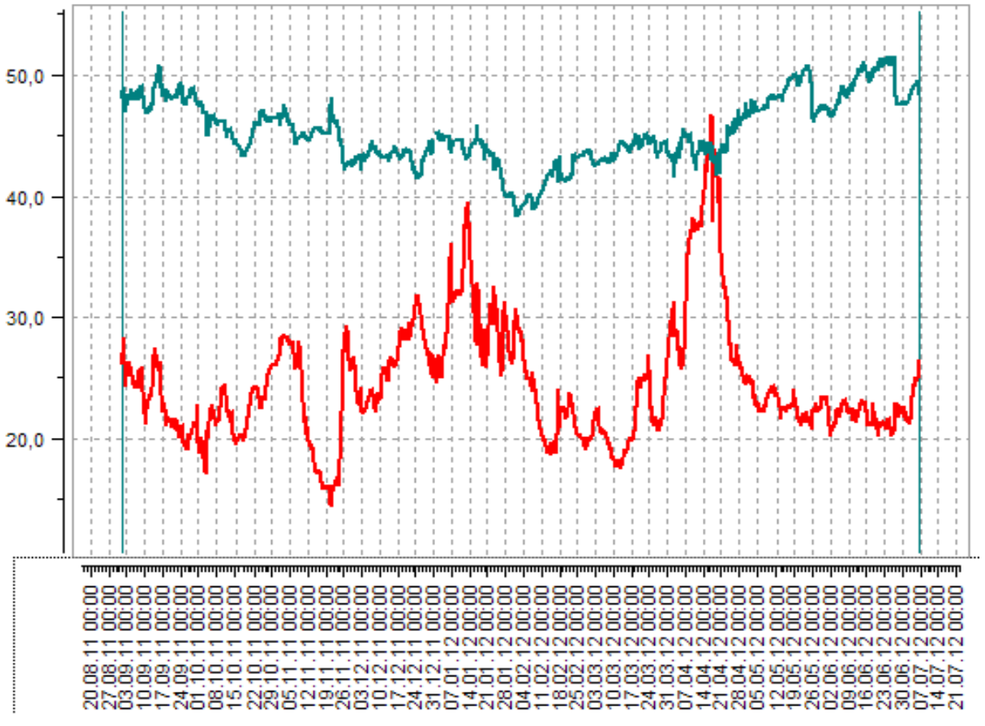


Рисунок И.4 – Графики изменения температуры (верхняя линия) и относительной влажности воздуха (нижняя линия) в помещении ГА504/3

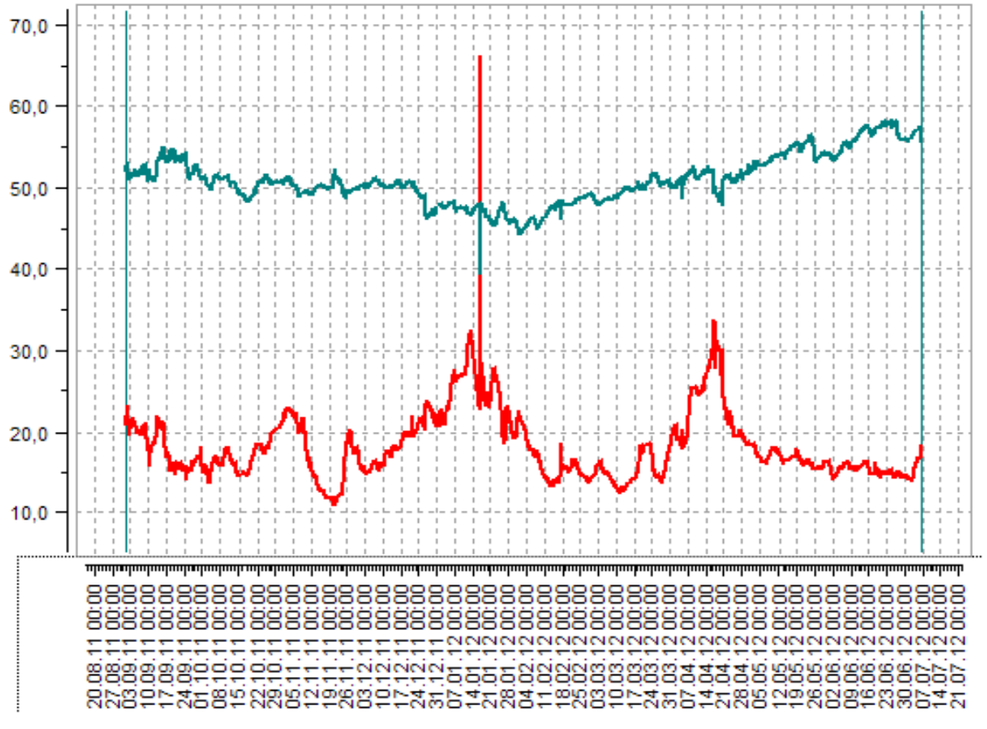


Рисунок И.5 – Графики изменения температуры (верхняя линия) и относительной влажности воздуха (нижняя линия) в помещении ГА504/4

ПРИЛОЖЕНИЕ К

Примеры режимных карт систем вентиляции и кондиционирования воздуха

К.1 Режимная карта систем охлаждения и вентиляции гермооболочки

Таблица К.1

Наименование	Идентификатор системы							
	TL01	TL02	TL03	TL04	TL05	TL22	UV40	TL50
Режим эксплуатации	Круглогодичный							
Режим управления	Ручной дистанционный с БПУ и РПУ	Ручной дистанционный с БПУ		Ручной дистанционный с БПУ и РПУ				С МЩУ
Режим работы	Круглосуточный	Периодический	Круглосуточный					Периодический
Время включения и отключения	–							
Состояние при режимах РУ «Работа на мощности», «Реактор на МКУ мощности», «Горячее состояние»	В работе	Включается периодически – при необходимости	В работе					
Состояние при режимах РУ «Холодное состояние», «Останов для ремонта», «Перегрузка топлива»	Отключена		Включается при температуре I контура более 70 °С	Отключена		В работе при необходимости вентиляции транспортного коридора[1)]	Отключена	
Состояние при общей радиационной аварии	Зависит от состояния РУ							
Состояние в послеаварийный период	Отключена	Включается при необходимости	Отключена					
Состояние при обесточении	Отключена с запретом включения							Отключена
Состояние при запуске ДГ	Включается по программе ступенчатого набора нагрузки на ДГ	Отключена		Включается по программе ступенчатого набора нагрузки на ДГ		Отключена с запретом включения	Включается по программе ступенчатого набора нагрузки на ДГ	Отключена
Состояние при пожаре в обслуживаемых помещениях	Отключается вручную							
Срок вывода в ремонт при режимах РУ «Работа на мощности», «Реактор на МКУ мощности», «Горячее состояние»	В ремонт не выводятся					На 7 суток одна установка (включая вентилятор, фильтры и арматуру) при условии работоспособности резервной установки	Время нахождения в ремонте определяет главный инженер Запорожской АЭС	На 7 суток одна установка (включая вентилятор и арматуру) при условии работоспособности резервной установки
Срок вывода в ремонт при выводе блока в ППР	На время ППР блока						На время ремонта канала СБ	На время ППР блока
Состояние при переходе с режима работы в холодный период года в режим работы в теплый период года	На воздухоохладители третьего ряда подается рабочая вода от ПЭМ UX11H01	–	На воздухоохладители третьего ряда подается рабочая вода от ПЭМ UX11H01			–	–	–
Состояние при переходе с режима работы в теплый период года в режим работы в холодный период года	Отключается подача рабочей воды от ПЭМ UX11H01 на воздухоохладители третьего ряда	–	Отключается подача рабочей воды от ПЭМ UX11H01 на воздухоохладители третьего ряда			–	–	–

Наименование	Идентификатор системы							
	TL01	TL02	TL03	TL04	TL05	TL22	UV40	TL50
Критерий перехода с режима работы в теплый период года в режим работы в холодный период года	Температура технической воды группы «А» менее 15 °С	–		Температура технической воды группы «А» менее 15 °С		–	–	–
Критерий перехода режима работы в холодный период года в режим работы в теплый период года	Температура технической воды группы «А» более 18 °С	–		Температура технической воды группы «А» более 18 °С		–	–	–
Периодичность переключения на резервное оборудование	Ежемесячно, по графику							
Периодичность проверки противопожарных клапанов	Ежегодно, в ППР блока	–						
[1] Система вентиляции TL22 используется для вентиляции транспортного коридора только на блоках № 1-4.								

К.2 Режимная карта систем охлаждения фундаментной части

Таблица К.2

Наименование	Идентификатор системы							
	TL06	TL07	TL08	TL09	TL10	TL13	TL15[1]	UV05
Режим эксплуатации	Круглогодичный							
Режим управления	Ручной дистанционный с БПУ						С кнопки управления	Со шкафа управления
Режим работы	Круглосуточный							
Время включения и отключения	–							
Состояние при режимах РУ «Работа на мощности», «Реактор на МКУ мощности», «Горячее состояние»	Включается периодически вместе с технологическим оборудованием	В работе		Включается периодически вместе с технологическим оборудованием		В дежурстве	Включается периодически вместе с технологическим оборудованием	
Состояние при режимах РУ «Работа на мощности», «Реактор на МКУ мощности», «Горячее состояние»	В дежурстве	Отключена		В дежурстве			Отключена	В дежурстве
Состояние при общей радиационной аварии	Зависит от состояния РУ							
Состояние в послеаварийный период	Отключена					Включается периодически при необходимости		Отключена
Состояние при обесточении	Отключена с запретом включения		Отключена			Отключена с запретом включения	Отключена	Отключена с запретом включения
Состояние при запуске ДГ	Включается по программе ступенчатого набора нагрузки на ДГ		Отключена			Включается по программе ступенчатого набора нагрузки на ДГ	Отключена	Включается по программе ступенчатого набора нагрузки на ДГ
Состояние при пожаре в обслуживаемых помещениях	Отключается вручную							
Срок вывода в ремонт при режимах РУ «Работа на мощности», «Реактор на МКУ мощности», «Горячее состояние»	На 7 суток одна установка (включая вентилятор и арматуру) при условии работоспособности резервной установки							
Срок вывода в ремонт при выводе блока в ППР	На время ремонта канала СБ						На время ППР	На время ремонта канала СБ

Наименование	Идентификатор системы							
	TL06	TL07	TL08	TL09	TL10	TL13	TL15[1)]	UV05
Состояние при переходе с режима работы в холодный период года в режим работы в теплый период года	На воздухоохладители подается рабочая вода от ПЭМ UX11H01				–			
Состояние при переходе с режима работы в теплый период года в режим работы в холодный период года	Отключается подача рабочей воды от ПЭМ UX11H01 на воздухоохладители				–			
Критерий перехода с режима работы в теплый период года в режим работы в холодный период года	Температура технической воды группы «А» менее 15 °С				–			
Критерий перехода режима работы в холодный период года в режим работы в теплый период года	Температура технической воды группы «А» более 18 °С				–			
Периодичность переключения на резервное оборудование	–	Ежемесячно, по графику		–				

[1)] Система охлаждения TL15 смонтирована только на блоке № 6.

К.3 Режимная карта систем централизованного кондиционирования воздуха БПУ и УВС, аварийной приточной системы БПУ

Таблица К.3

Наименование	Идентификатор системы	
	UV06	UV55
Режим эксплуатации	Круглогодичный	
Режим управления	Ручной дистанционный с БПУ	
Режим работы	Круглосуточный	Аварийный
Состояние при режимах РУ «Работа на мощности», «Реактор на МКУ мощности», «Горячее состояние»	В работе	В дежурстве
Состояние при режимах РУ «Холодное состояние», «Останов для ремонта», «Перегрузка топлива»	В работе	В дежурстве
Состояние при общей радиационной аварии	Отключается вручную	Включается вручную
Состояние в послеаварийный период	Отключена	Включается вручную
Состояние при обесточении	Отключена	Включается вручную
Состояние при пожаре в обслуживаемых помещениях	Отключается АПС	
Состояние при запуске ДГ	Отключена	Включается вручную
Срок вывода в ремонт при режиме РУ «Работа на мощности»	На 7 суток одна установка (включая вентилятор, фильтры и арматуру) при условии работоспособности резервной установки	
Срок вывода в ремонт при выводе блока в ППР	На время ремонта оборудования (включая электрооборудование)	На время ремонта канала СБ
Периодичность переключения на резервное оборудование	Ежемесячно, по графику	
Периодичность опробования отключения (включения) противопожарной автоматикой или с БПУ	Ежегодно, в ППР блока	
Периодичность проверки противопожарных клапанов	Ежегодно, в ППР блока	

К.4 Режимная карта ремонтно-аварийных систем вентиляции герметичной зоны и обстройки

Таблица К.4

Наименование	Идентификатор системы							
	TL21D01	TL21D02, D03	TL41D01	TL41D02, D03	TL14	TL49	TL47	TL48
Режим эксплуатации	Круглогодичный							
Режим управления	Ручной дистанционный с МЩУ						Ручной дистанционный с БПУ	

Наименование	Идентификатор системы							
	TL21D01	TL21D02, D03	TL41D01	TL41D02, D03	TL14	TL49	TL47	TL48
Режим работы	Круглосуточный				Периодический	Круглосуточный	Периодический	
Время включения и отключения	–				По заявке	–	По заявке	
Состояние при режимах РУ «Работа на мощности», «Реактор на МКУ мощности», «Горячее состояние»	Отключена						Может работать при необходимости	Отключена
Состояние при режимах РУ «Холодное состояние», «Останов для ремонта», «Перегрузка топлива»	В работе	В работе с разрешения НСЦ АЭС (ЦРБ)	В работе	В работе с разрешения НСЦ АЭС (ЦРБ)	В работе при наличии техводы группы «В»	В работе при условии работы TL21D02 и/или TL21D03	Может работать при необходимости	
Состояние при общей радиационной аварии	Зависит от состояния РУ	Отключена						
Состояние в послеаварийный период	В работе	Отключена					Может работать при необходимости	
Состояние при обесточении	Отключена						Может работать при необходимости	
Состояние при запуске ДГ	Отключена						Включается по программе ступенчатого набора нагрузки на ДГ	
Состояние при пожаре в обслуживаемых помещениях	Отключается вручную							
Срок вывода в ремонт при режимах РУ «Работа на мощности», «Реактор на МКУ мощности», «Горячее состояние»	На срок, необходимый для устранения неисправностей					–	На 7 суток одна установка (включая вентилятор, фильтры и арматуру) при условии работоспособности резервной установки	
Срок вывода в ремонт при выводе блока в ППР	–						На время ремонта канала СБ	
Состояние при переходе с режима работы в холодный период года в режим работы в теплый период года	–	На воздухонагреватели подается рабочая вода от ПЭМ UX21H01 (при ее работоспособности)			–	–	На воздухонагреватели подается рабочая вода от ПЭМ UX21H01 (при ее работоспособности)	
Состояние при переходе с режима работы в теплый период года в режим работы в холодный период года	–	На воздухонагреватели подается сетевая вода			–	–	На воздухонагреватели подается сетевая вода	
Критерий перехода с режима работы в теплый период года в режим работы в холодный период года	–	Среднесуточная температура воздуха менее 10 °С			–	–	Среднесуточная температура воздуха менее 10 °С	
Критерий перехода режима работы в холодный период года в режим работы в теплый период года	–	Среднесуточная температура воздуха более 10 °С			–	–	Среднесуточная температура воздуха более 10 °С	
Периодичность переключения на резервное оборудование	–							

К.5 Режимная карта систем вентиляции ЗКД

Таблица К.5

Наименование	Идентификатор системы					
	TL23, TL24, TL27, TL28, TL30	TL25	TL26, TL29	TL43, TL45	TL46	TL44
Режим эксплуатации	Круглогодичный					
Режим управления	Ручной дистанционный с МЩУ					С МЩУ, кнопок на лестничных клетках и с БПУ
Режим работы	Круглосуточный					Аварийный
Время включения и отключения	–					

Наименование	Идентификатор системы					
	TL23, TL24, TL27, TL28, TL30	TL25	TL26, TL29	TL43, TL45	TL46	TL44
Состояние при режимах РУ «Работа на мощности», «Реактор на МКУ мощности», «Горячее состояние»	В работе	В работе, клапаны герметичные TL25S05, S06 закрыты[1)]	В работе	В работе, клапаны герметичные TL45S05, S06 закрыты[1)]	В работе	В дежурстве
Состояние при режимах РУ «Холодное состояние», «Останов для ремонта», «Перегрузка топлива»	В работе	В работе, клапаны герметичные TL25S05, S06 могут быть открыты по заявке[1)]	В работе	В работе, клапаны герметичные TL45S05, S06 могут быть открыты по заявке[1)]	В работе	В дежурстве
Состояние при общей радиационной аварии	Отключена		В работе	Отключена		
Состояние в послеаварийный период	Отключена					
Состояние при обесточении	Отключена					
Состояние при запуске ДГ	Отключена					
Состояние при пожаре в обслуживаемых помещениях	Отключается вручную		Отключается АПС	Отключается вручную	Отключается АПС	Включается с МЩУ, кнопкой с лестничной клетки или БПУ
Срок вывода в ремонт при режимах РУ «Работа на мощности», «Реактор на МКУ мощности», «Горячее состояние»	На 7 суток одна установка (включая вентилятор, фильтры и арматуру) при условии работоспособности резервной установки					На время, необходимое для устранения неисправностей
Состояние при переходе с режима работы в холодный период года в режим работы в теплый период года	–	–	–	На воздухонагреватели подается рабочая вода от ПЭМ UX21H01 (при ее работоспособности)		–
Состояние при переходе с режима работы в теплый период года в режим работы в холодный период года	–	–	–	На воздухонагреватели подается сетевая вода		–
Критерий перехода с режима работы в теплый период года в режим работы в холодный период года	–	–	–	Среднесуточная температура воздуха менее 10 °С		–
Критерий перехода режима работы в холодный период года в режим работы в теплый период года	–	–	–	Среднесуточная температура воздуха более 10 °С		–
Периодичность опробования оборудования и автоматики аварийных систем	–	–	–	–	–	Ежегодно, в ППР блока
Периодичность опробования блокировок от противопожарной автоматики	–	–	Ежегодно, в ППР блока			
Периодичность переключения на резервное оборудование	Ежемесячно, по графику					–
Периодичность проверки противопожарных клапанов	–	–	Ежегодно, в ППР блока	–	Ежегодно, в ППР блока	–

[1)] Клапаны герметичные TL25S05, S06; TL45S05, S06 смонтированы в транспортном коридоре только на блоках № 5, 6.

К.6 Режимная карта систем вентиляции ЗСД

Таблица К.6

Наименование	Идентификатор системы							
	UV21, UV22, UV23, UV27, UV28, UV37, UV57	UV24, UV25, UV26	UV33, UV34	UV29-UV31, UV49-UV51	UV35, UV38	UV32[1)], UV36[1)], UV41, UV42, UV43, UV47, UV48, UV56	UV44, UV45, UV46	UV58, UV64[2)]
Режим эксплуатации	Круглогодичный (системы UV30, UV50 – в теплый и переходные периоды года)							
Режим управления	Ручной дистанционный с МЩУ							С МЩУ, кнопок на лестничных клетках и с БПУ
Режим работы	Круглосуточный	Периодический		Круглосуточный			Периодический	Аварийный
Время включения и отключения	–	Включение – перед включением зарядных агрегатов, отключение – через 1,5 ч после отключения зарядных агрегатов		–			Включение – перед включением зарядных агрегатов, отключение – через 1,5 ч после отключения зарядных агрегатов	–
Состояние при режимах РУ «Работа на мощности», «Реактор на МКУ мощности», «Горячее состояние»	В работе							В дежурстве
Состояние при режимах РУ «Холодное состояние», «Останов для ремонта», «Перегрузка топлива»	В работе							В дежурстве
Состояние при общей радиационной аварии	Отключена							
Состояние в послеаварийный период	Отключена							
Состояние при обесточении	Отключена							
Состояние при запуске ДГ	Отключена							
Состояние при пожаре в обслуживаемых помещениях	Отключается АПС	Отключается вручную		Отключается АПС			Отключается вручную	Система UV58 включается АПС, кнопкой с лестничной клетки или БПУ, система UV64 включается с кнопочного поста
Срок вывода в ремонт при режимах РУ «Работа на мощности», «Реактор на МКУ мощности», «Горячее состояние»	На 7 суток одна установка (включая вентилятор и арматуру) при условии работоспособности резервной установки	На 7 суток одна установка		Время нахождения в ремонте определяет главный инженер Запорожской АЭС	На 7 суток одна установка (включая вентилятор и арматуру) при условии работоспособности резервной установки			На время, необходимое для устранения неисправностей
Срок вывода в ремонт при выводе блока в ППР	На время ремонта оборудования (включая электрооборудование) при условии работоспособности резервной установки	На время ремонта канала СБ	На время ремонта оборудования	На время ремонта канала СБ	На время ремонта оборудования (включая электрооборудование) при условии работоспособности резервной установки			На время, необходимое для устранения неисправностей
Состояние при переходе с режима работы в холодный период года в режим работы в теплый период года	–	–	–	–		На воздухонагреватели (кроме систем UV32, UV36) подается рабочая вода от ПЭМ UX21H01 (при ее работоспособности)		

Наименование	Идентификатор системы							
	UV21, UV22, UV23, UV27, UV28, UV37, UV57	UV24, UV25, UV26	UV33, UV34	UV29-UV31, UV49-UV51	UV35, UV38	UV32[1], UV36[1], UV41, UV42, UV43, UV47, UV48, UV56	UV44, UV45, UV46	UV58, UV64[2]
Состояние при переходе с режима работы в теплый период года в режим работы в холодный период года	–	–	–	–		На воздухонагреватели подается сетевая вода		
Критерий перехода с режима работы в теплый период года в режим работы в холодный период года	–	–	–	–		Среднесуточная температура воздуха менее 10 °С		–
Критерий перехода режима работы в холодный период года в режим работы в теплый период года	–	–	–	–		Среднесуточная температура воздуха более 10 °С		–
Периодичность переключения на резервное оборудование	Ежемесячно, по графику	–	–	Ежемесячно, по графику				–
Периодичность опробования оборудования и автоматики аварийных систем	–	–	–	–		–	–	Ежегодно, в ППР блока
Периодичность опробования отключения (включения) противопожарной автоматикой или с МЩУ	Ежегодно, в ППР блока (кроме систем UV27D01, D02; UV28; UV37)	Ежегодно, в ППР блока				Ежегодно, в ППР блока (кроме систем UV47D01, D02; UV48)	Ежегодно, в ППР блока	
Периодичность проверки противопожарных клапанов	Ежегодно, в ППР блока (кроме системы UV28)	–	–	Ежегодно, в ППР блока		–		

[1] Системы UV32, UV36 смонтированы только на блоках № 3-6.

[2] Система UV64 смонтирована только на блоке № 6.

К.7 Режимная карта систем кондиционирования воздуха

Таблица К.7

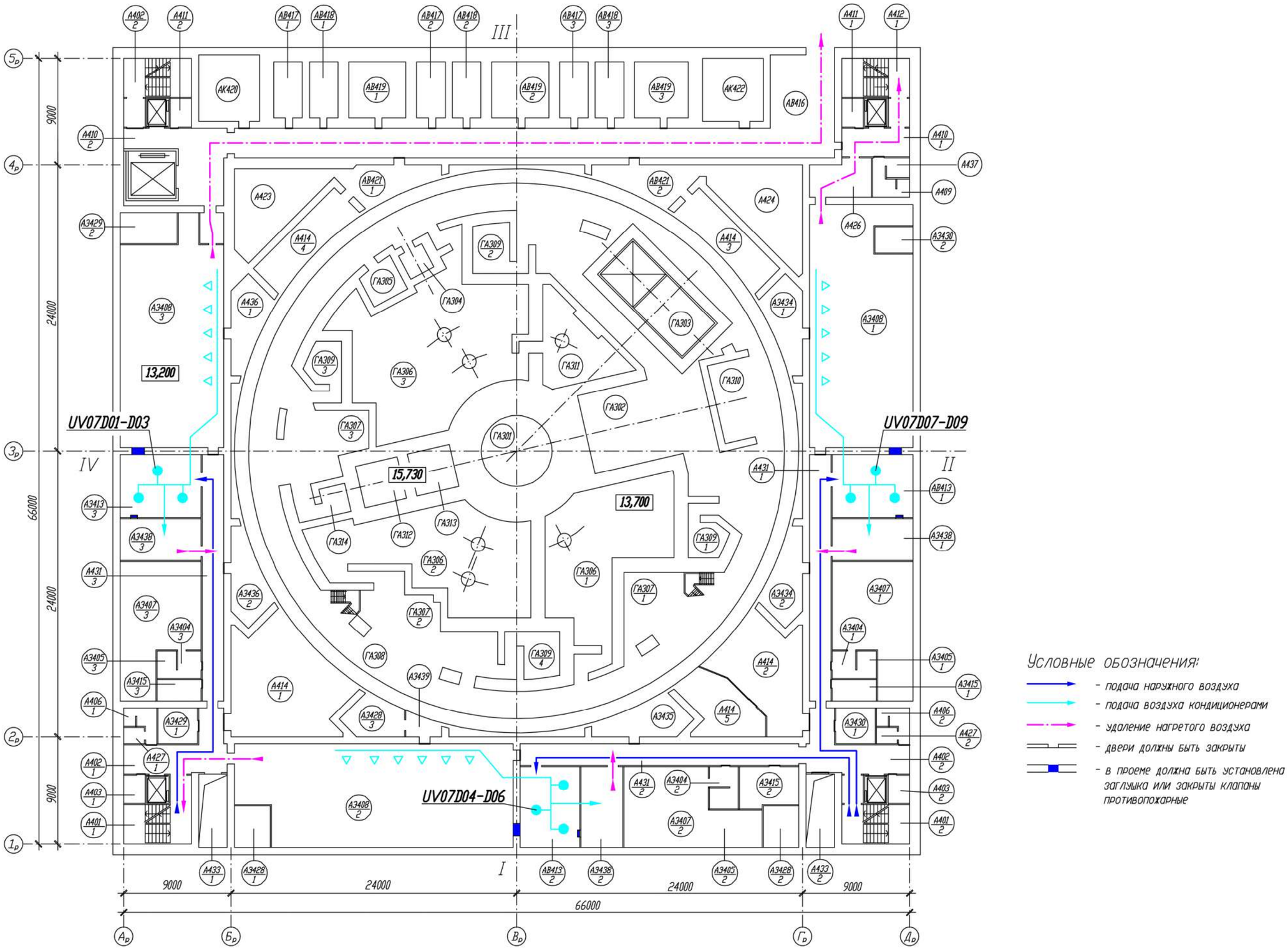
Наименование	Идентификатор системы						
	UV01	UV02, UV07, UV09	UV10	UV11[1]	UV04	TL12	TL16
Режим эксплуатации	Круглогодичный						
Режим управления	С встроенного шкафа управления						
Режим работы	Круглосуточный						Периодический
Время включения и отключения	–					Определяет оперативный персонал ЦРБ	По заявке
Состояние при режимах РУ «Работа на мощности», «Реактор на МКУ мощности», «Горячее состояние»	В работе			В работе, заслонки воздушные UV11S07, S08 закрыты	В работе		Отключена
Состояние при режимах РУ «Холодное состояние», «Останов для ремонта», «Перегрузка топлива»	В работе			В работе, заслонки воздушные UV11S07, S08 открыты	В работе		
Состояние при общей радиационной аварии	В работе						
Состояние в послеаварийный период	Отключена					В работе	Отключена
Состояние при обесточении	Отключена						
Состояние при запуске ДГ	Отключена						
Состояние при пожаре в обслуживаемых помещениях	Отключается вручную	Отключается АПС		Отключается вручную			

Наименование	Идентификатор системы						
	UV01	UV02, UV07, UV09	UV10	UV11[1)]	UV04	TL12	TL16
Срок вывода в ремонт при режимах РУ «Работа на мощности», «Реактор на МКУ мощности», «Горячее состояние»	Время нахождения в ремонте определяет главный инженер Запорожской АЭС		На 7 суток одна установка (включая арматуру) при условии работоспособности резервной установки				
Срок вывода в ремонт при выводе блока в ППР	На время ремонта канала СБ						На время ремонта оборудования (включая электрооборудование)
Периодичность переключения на резервное оборудование	Ежемесячно, по графику						–
Периодичность опробования отключения (включения) противопожарной автоматикой или со щита управления	–	Ежегодно, в ППР блока			–	–	–

[1)] Система UV11 смонтирована только на блоках № 5, 6

ПРИЛОЖЕНИЕ Л

Схема временной вентиляции помещений АЭ408/1-3, АЭ438/1-3 при выводе в ремонт каналов СБ



ПРИЛОЖЕНИЕ М

Схемы установки клапанов дымовых и противопожарных

М.1 Схемы установки клапанов дымовых и противопожарных круглого сечения показаны на рис. М.1-М.4.

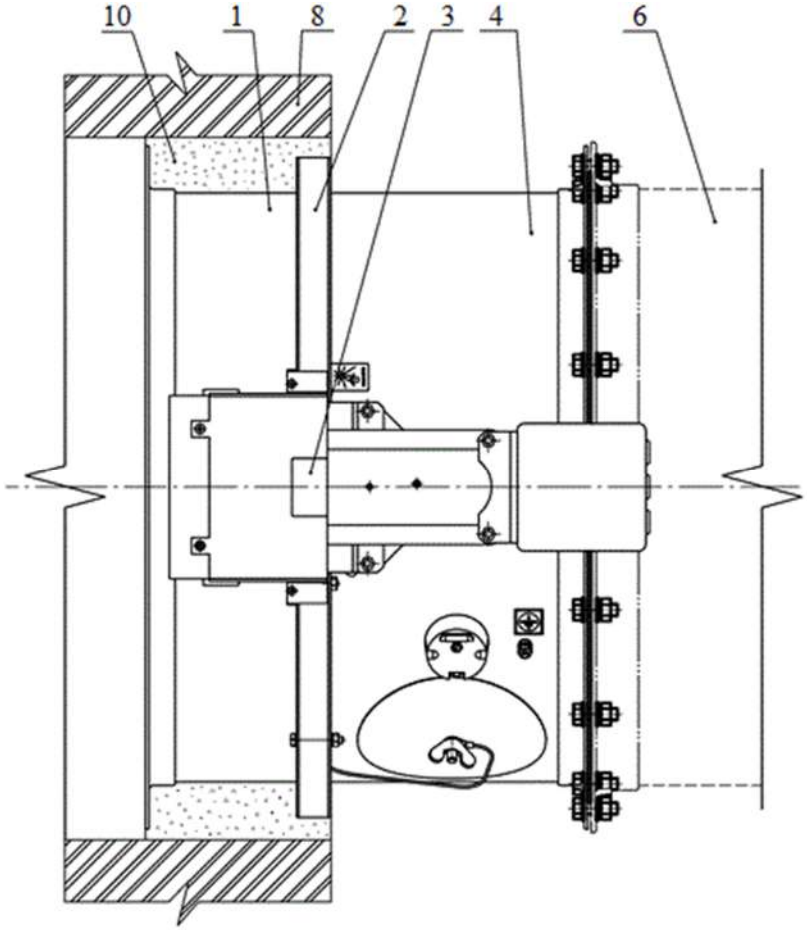


Рисунок М.1 – Установка клапанов в стене

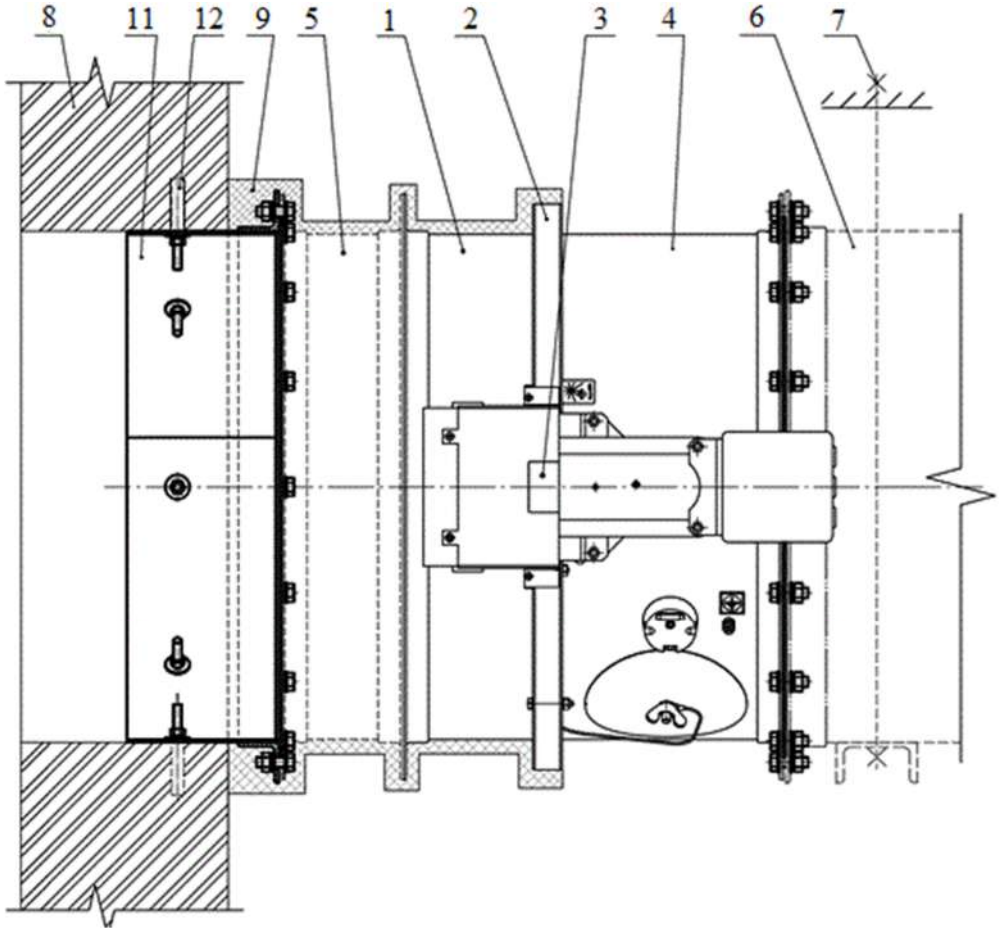


Рисунок М.2 – Установка клапанов на монтажной раме

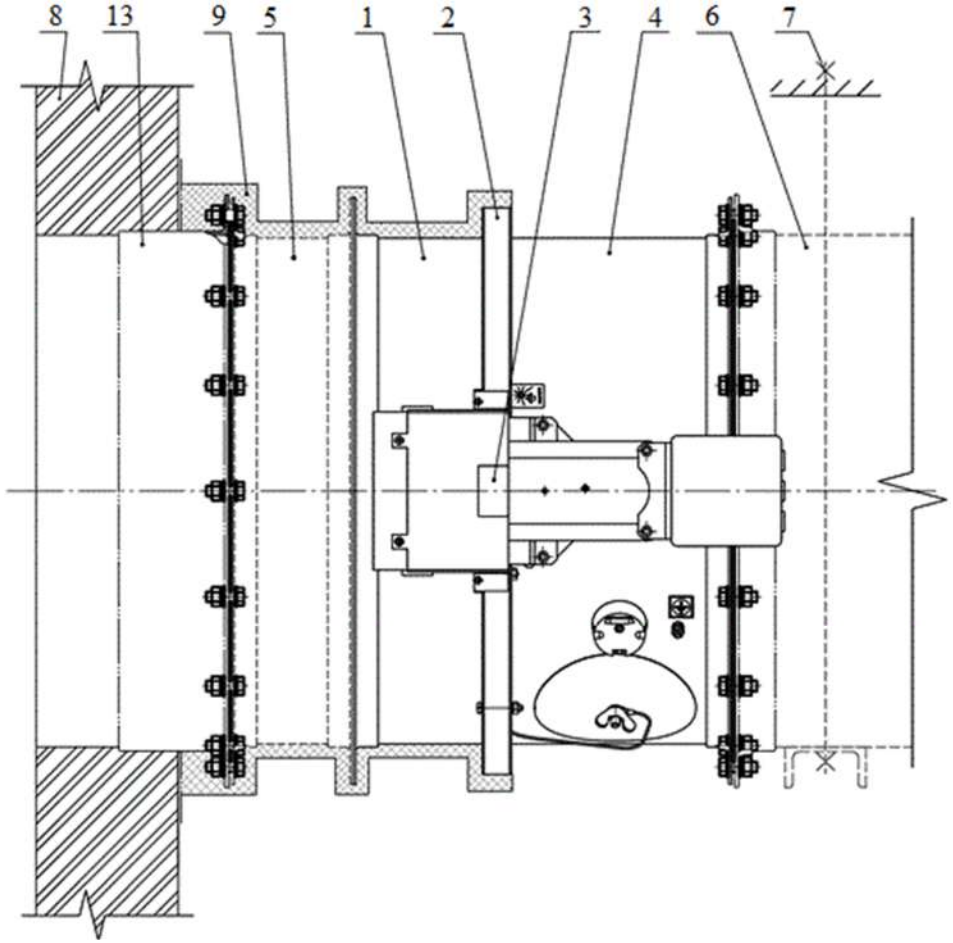


Рисунок М.3 – Установка клапанов на закладной детали

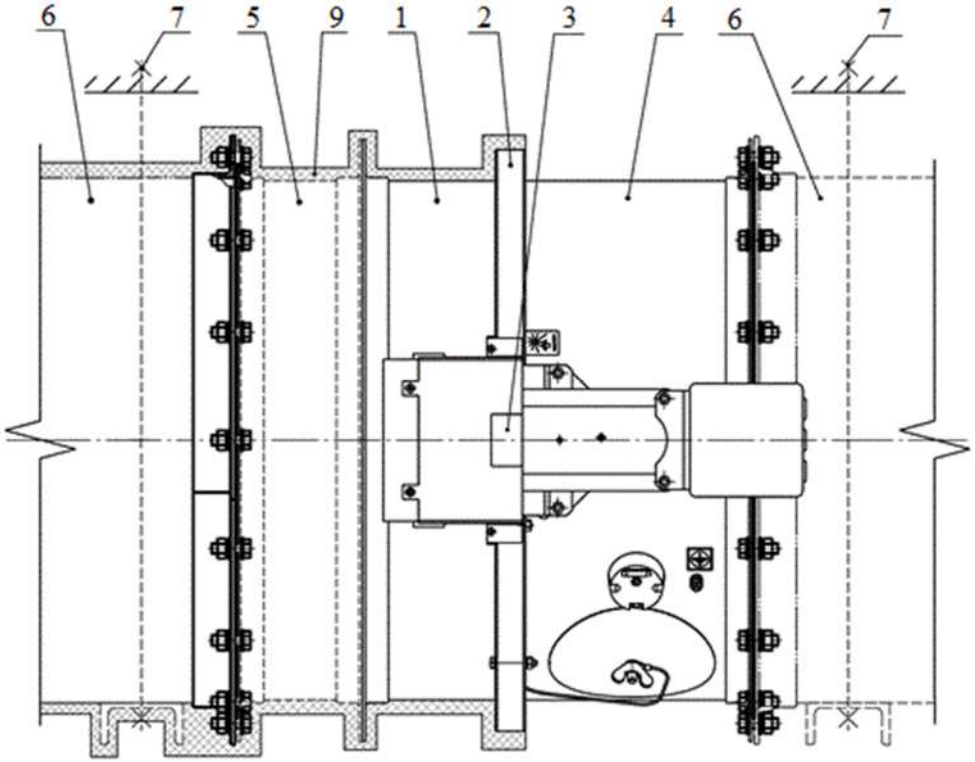


Рисунок М.4 – Установка клапанов на воздуховоде

М.2 Схемы установки клапанов дымовых и противопожарных прямоугольного сечения показаны на рис. М.5-М.8

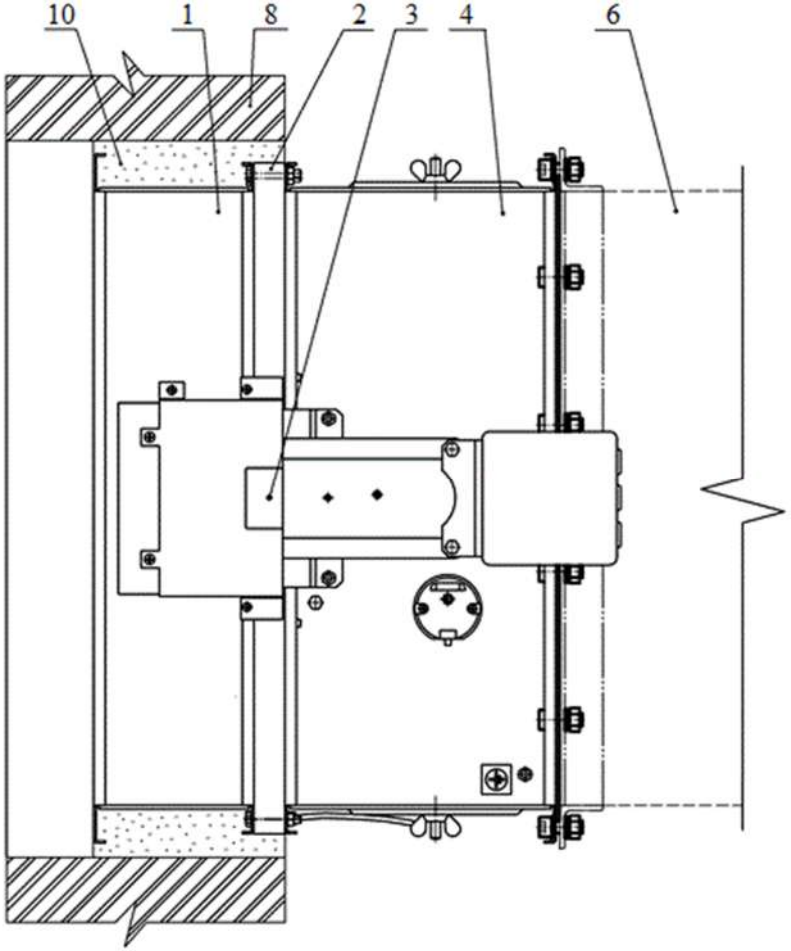


Рисунок М.5 – Установка клапанов в стене

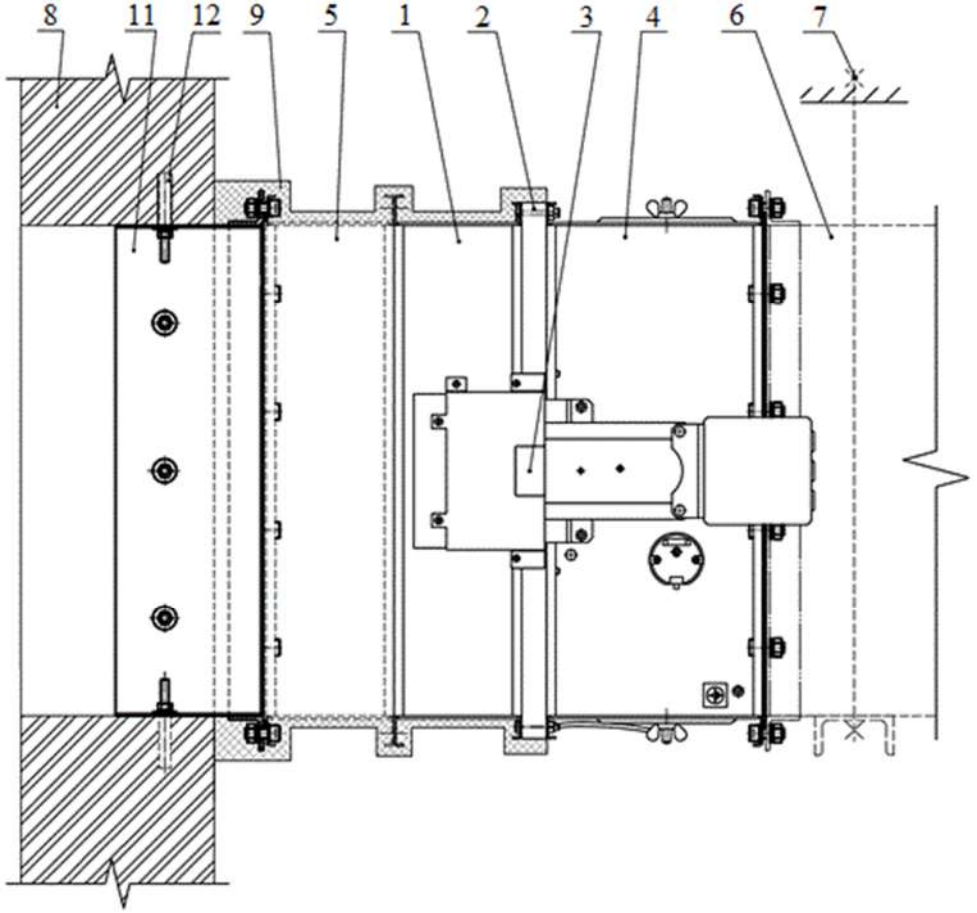


Рисунок М.6 – Установка клапанов на монтажной раме

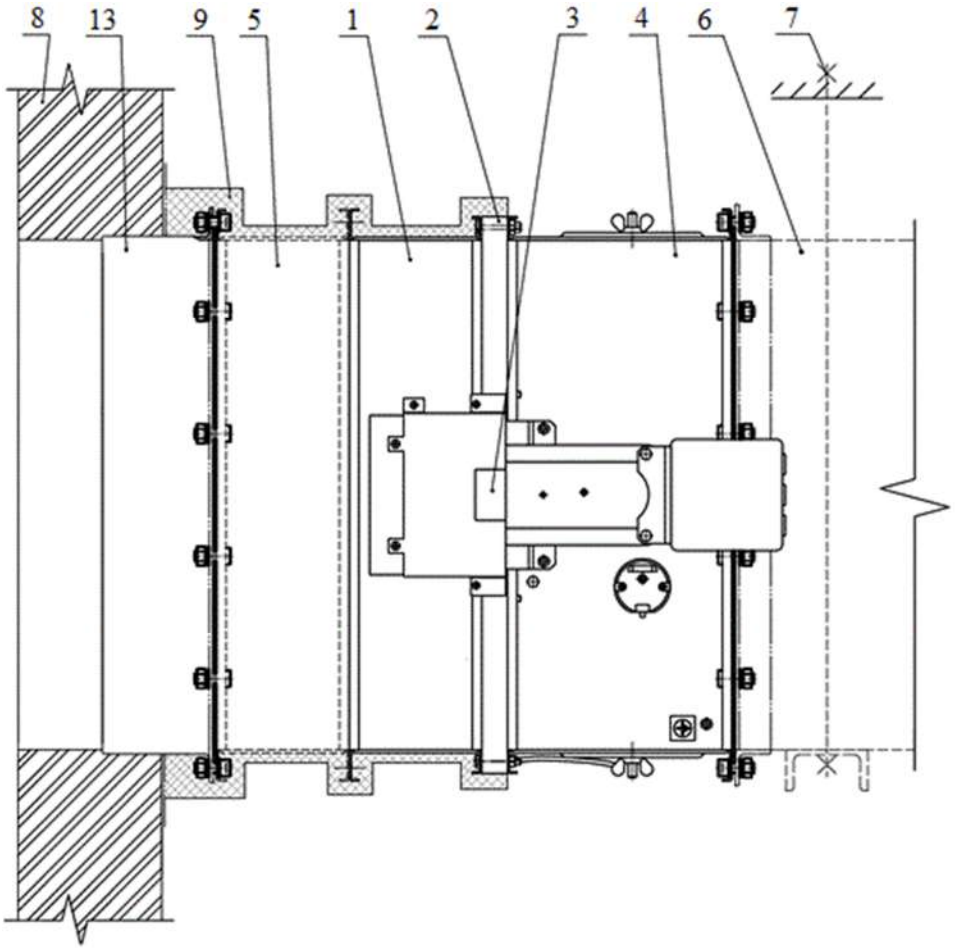


Рисунок М.7 – Установка клапанов на закладной детали

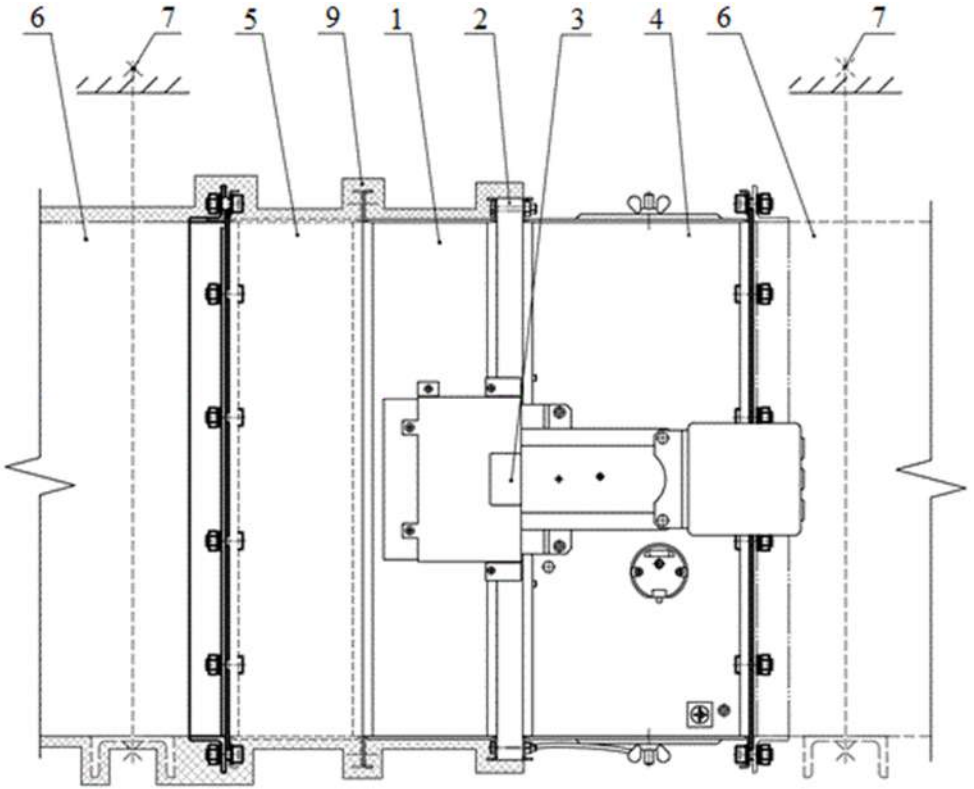


Рисунок М.8 – Установка клапанов на воздуховоде

Условные обозначения к рис. М.1-М.8:

1 – «Корпус 1»;
2 – термоизолирующая вставка;
3 – наклейка «Край замуровывания» (не на всех клапанах);
4 – «Корпус 2»;
5 – съемный патрубок;
6 – воздуховод;
7 – опора воздуховода;
8 – противопожарная преграда;
9 – огнезащитное покрытие;
10 – цементно-песчаный раствор;
11 – монтажная рама;
12 – дюбель-шпилька;
13 – закладная деталь.

ПРИЛОЖЕНИЕ Н

Примеры эксплуатационных схем систем теплоснабжения по установившимся требованиям и СТО 1.1.1.01.003.0779

В [220] приведены избыточные требования к эксплуатационным схемам, а именно:

– данные об элементах должны быть записаны в перечень элементов, при этом связь перечня с условными графическими обозначениями элементов должна осуществляться через позиционные обозначения;

– перечень элементов помещают на первом листе схемы или выполняют в виде самостоятельного документа схемы. Перечень элементов оформляют в виде таблицы и составляют по порядку номеров. Номера позиций элементов на схеме следует размещать на свободном поле на полках-выносках в ряд по горизонтали или вертикали. В технологических схемах допускается нумерация позиций элементов по ходу движения среды;

– в случаях применения условных графических обозначений элементов, не указанных в стандарте и/или свойственных только специфике производства, допускается их применение при расшифровке на свободном поле схемы, где приводят соответствующие пояснения.

Эксплуатационная схема системы теплоснабжения приточных систем вентиляции реакторного отделения блока № 5 приведена в двух вариантах:

– по установившимся требованиям Запорожской АЭС – на рис. Н.1;

– по требованиям [220] – на рис. Н.2.

На рис. Н.1, размещенном на двух листах формата А3, приведено достаточно информации для оперативного персонала, чтобы выполнять переключения в режиме нормальной эксплуатации и при авариях, выполнять записи в оперативном журнале и журнале дефектов. Марки арматуры и диаметры трубопроводов оперативному персоналу не нужны.

Из рис. Н.2 видно, что он загромождён условными обозначениями арматуры и диаметров трубопроводов, совершенно не требующихся для оперативного управления системой теплоснабжения воздухонагревателей, вместе с таблицей параметров арматуры схема с трудом разместилась на двух листах формата А2.

На Запорожской АЭС информация об арматуре включалась в альбомы схем или в отдельные перечни арматуры.

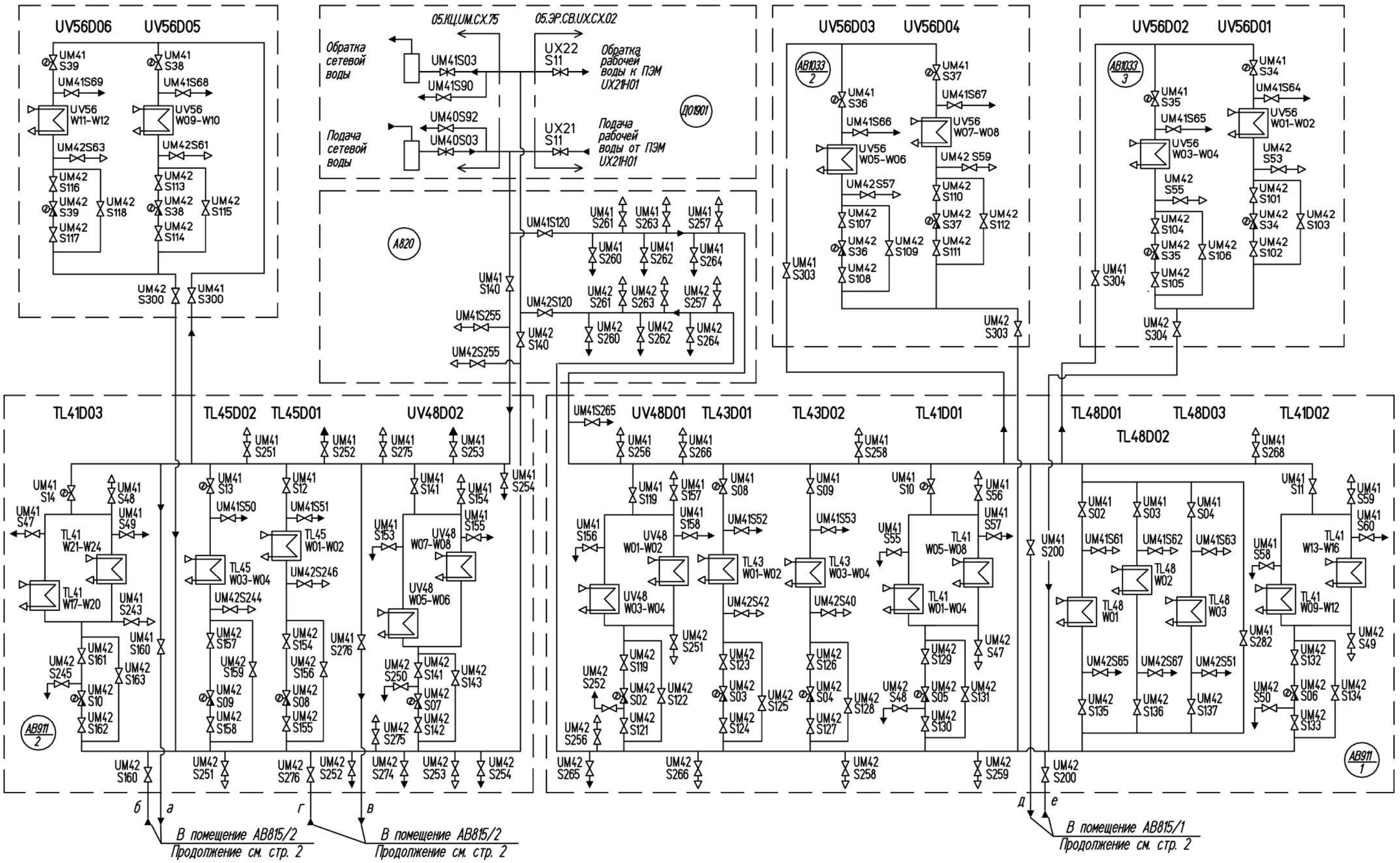


Рисунок Н.1 – Эксплуатационная схема системы теплоснабжения приточных систем вентиляции РО блока № 5 по установившимся требованиям

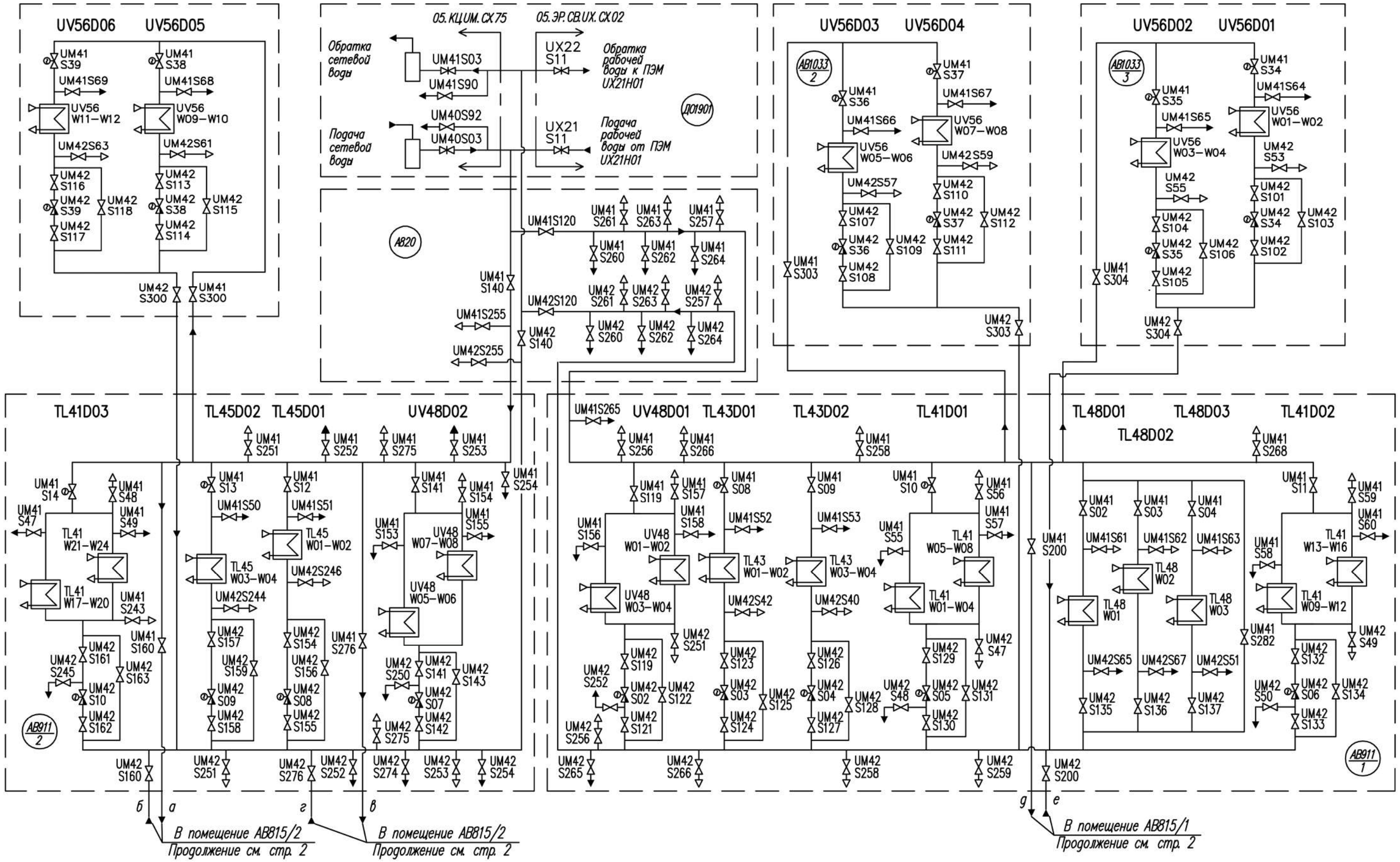
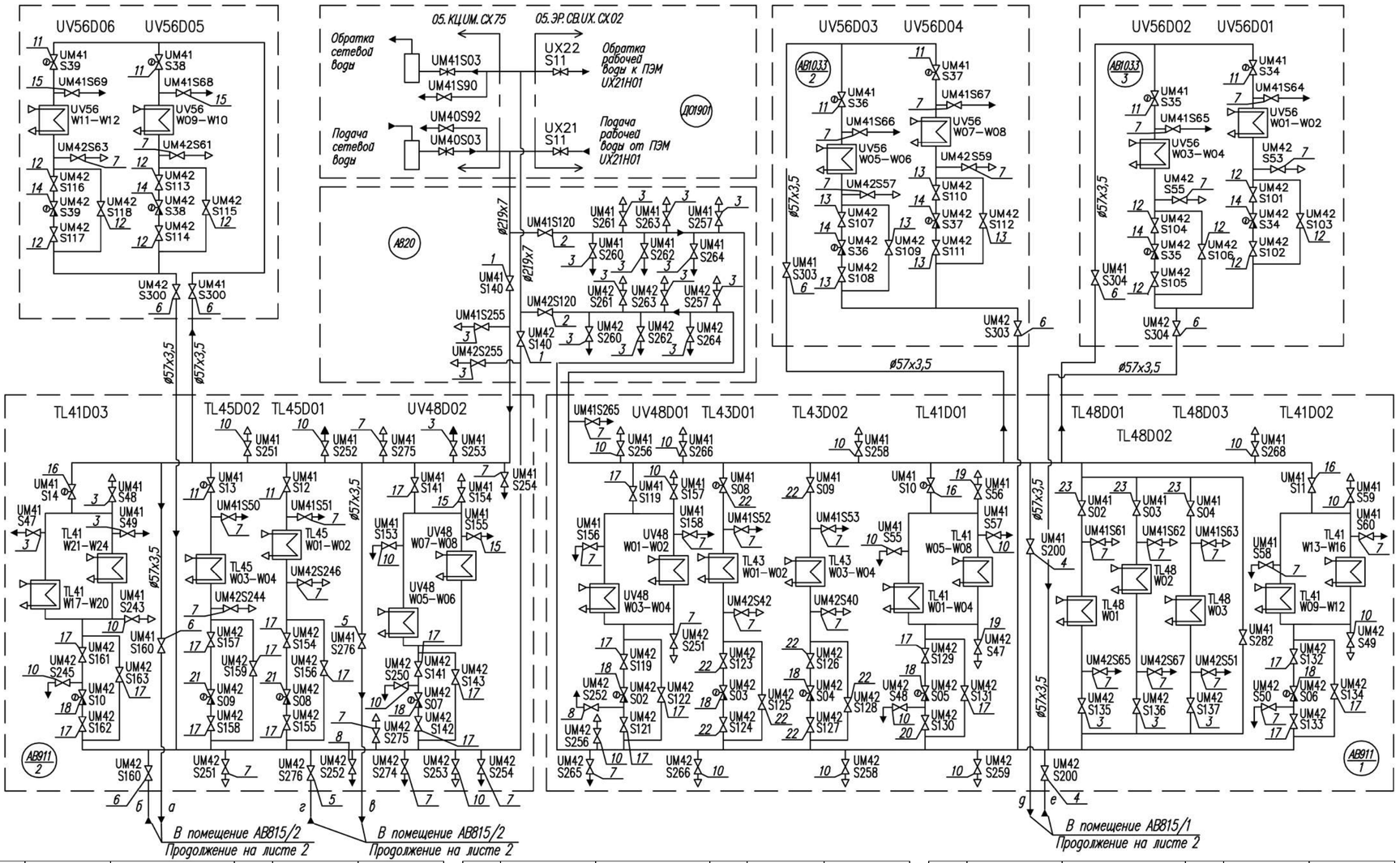


Рисунок Н.1, страница 2



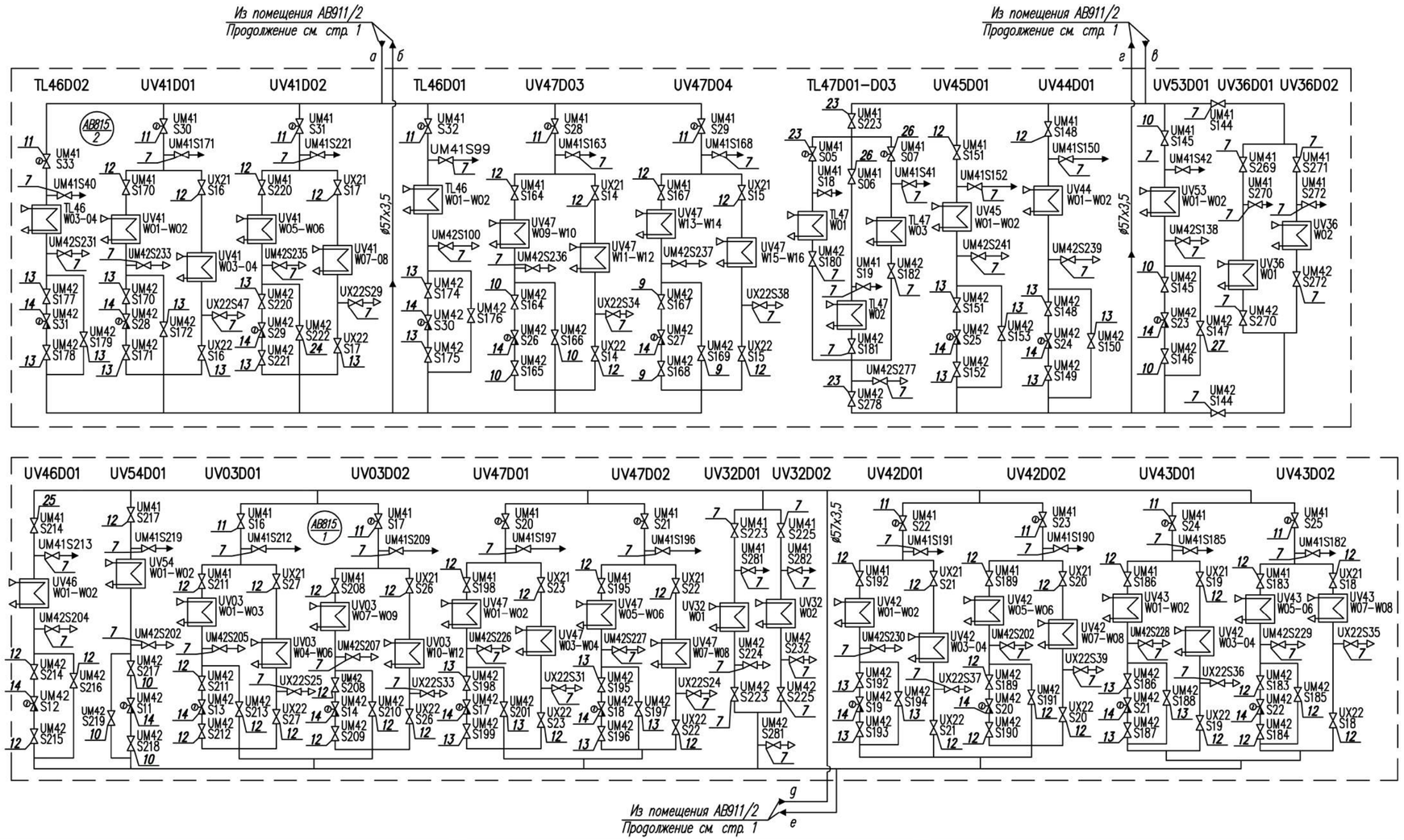
№ поз.	Оперативное обозначение	Наименование	Кол-во	Параметры	Примечание
1	UM41S120 UM42S120	Вентиль запорный 15с22нж	2	Dy200 Py40	
2	UM41S140 UM42S140	Вентиль запорный 15с22нж	2	Dy150 Py40	
3	UM41S47 UM41S48 UM41S49 UM41S253 UM41S255 UM41S257 UM41S260 UM41S261 UM41S262 UM41S263 UM41S264 UM42S135 UM42S136 UM42S137 UM42S255 UM42S257 UM42S260 UM42S261 UM42S262 UM42S263 UM42S264	Вентиль запорный 15с52нж9	21	Dy15 Py64	
4	UM41S200 UM42S200	Вентиль запорный 15с22нж	2	Dy100 Py40	
5	UM41S276 UM42S276	Вентиль запорный 15с22нж	2	Dy50 Py40	
6	UM41S160 UM42S160 UM41S300 UM42S300 UM41S303 UM42S303	Вентиль запорный 15ч9п2	6	Dy50 Py16	

№ поз.	Оперативное обозначение	Наименование	Кол-во	Параметры	Примечание
7	UM41S50 UM41S51 UM41S52 UM41S53 UM41S58 UM41S60 UM41S61 UM41S62 UM41S63 UM41S156 UM41S157 UM41S158 UM41S254 UM41S265 UM41S275 UM42S40 UM42S42 UM42S50 UM42S51 UM42S53 UM42S55 UM42S57 UM42S59 UM42S61 UM42S63 UM42S65 UM42S67 UM42S244 UM42S246 UM42S251 UM42S254 UM42S274 UM42S275 UM42S282	Вентиль запорный 15ч8р	35	Dy15 Py16	

№ поз.	Оперативное обозначение	Наименование	Кол-во	Параметры	Примечание
8	UM42S252	Вентиль запорный 15кч33п	1	Dy15 Py16	
11	UM41S12 UM41S13 UM41S34 UM41S35 UM41S36 UM41S37 UM41S38 UM41S39	Вентиль запорный с электроприводом 15кч922нж	8	Dy50 Py16	
12	UM42S101 UM42S103 UM42S104 UM42S105 UM42S106 UM42S113 UM42S114 UM42S115 UM42S116 UM42S117 UM42S118	Вентиль запорный FDEIA105(506)	11	Dy32 Py63	
13	UM42S107 UM42S108 UM42S109 UM42S110 UM42S111 UM42S112	Вентиль запорный ИТШЛ 491115	6	Dy32 Py64	

№ поз.	Оперативное обозначение	Наименование	Кол-во	Параметры	Примечание
14	UM42S34 UM42S35 UM42S36 UM42S37 UM42S38 UM42S39	Вентиль регулирующий с электроприводом 25ч940нж	6	Dy25 Py16	
15	UM41S68 UM41S69 UM41S154 UM41S155	Вентиль запорный 15ч8р	4	Dy20 Py16	
16	UM41S10 UM41S11 UM41S14	Вентиль регулирующий с электроприводом 25ч940нж	3	Dy25 Py16	
17	UM41S119 UM41S141 UM42S119 UM42S121 UM42S122 UM42S129 UM42S131 UM42S132 UM42S133 UM42S134 UM42S141 UM42S142 UM42S143 UM42S154 UM42S155 UM42S156 UM42S157 UM42S158 UM42S159 UM42S161 UM42S162 UM42S163	Вентиль запорный 15кч22нж	22	Dy80 Py40	
18	UM42S02 UM42S03 UM42S04 UM42S05 UM42S06 UM42S07 UM42S10	Вентиль регулирующий с электроприводом 25ч940нж	7	Dy50 Py16	
19	UM41S56 UM42S47	Вентиль запорный С 21152-010	2	Dy10 Py200	
20	UM42S130	Вентиль запорный 15кч14п	1	Dy80 Py40	
21	UM42S08 UM42S09	Вентиль регулирующий с электроприводом 25ч940нж	2	Dy40 Py16	
22	UM41S08 UM41S09 UM42S123 UM42S124 UM42S125 UM42S126 UM42S127 UM42S128	Вентиль запорный 15кч16п	8	Dy50 Py25	

Рисунок Н.2 – Эксплуатационная схема системы теплоснабжения приточных систем вентиляции РО блока № 5 по СТО 1.1.1.01.003.0779



№ поз.	Оперативное обозначение	Наименование	Кол-во	Параметры	Примечание
7	UM41S18 UM41S40 UM41S41 UM41S42 UM41S99 UM41S144 UM41S150 UM41S152 UM41S163 UM41S168 UM41S171 UM41S182 UM41S185 UM41S190 UM41S191 UM41S196 UM41S197 UM41S209 UM41S212 UM41S213 UM41S219 UM41S225 UM41S269 UM41S270 UM41S271 UM41S272 UM41S281 UM42S102 UM42S138 UM42S144 UM42S180 UM42S181 UM42S182 UM42S202 UM42S204 UM42S224	Вентиль запорный 15ч8р	15	Dy15 Py16	

№ поз.	Оперативное обозначение	Наименование	Кол-во	Параметры	Примечание
7	UM42S205 UM42S207 UM42S225 UM42S226 UM42S227 UM42S228 UM42S230 UM42S232 UM42S233 UM42S235 UM42S236 UM42S237 UM42S241 UM42S270 UM42S272 UM42S277 UM42S281 UX22S24 UX22S25 UX22S29 UX22S31 UX22S33 UX22S34 UX22S35 UX22S36 UX22S37 UX22S38 UX22S39 UX22S47	Вентиль запорный 15ч8р	29	Dy15 Py16	
9	UM42S167 UM42S168 UM42S169	Вентиль запорный 15с52нж9	3	Dy32 Py64	
10	UM41S145 UM42S145 UM42S146 UM42S217 UM42S218	Вентиль запорный ИТШЛ 491115	5	Dy15 Py64	

№ поз.	Оперативное обозначение	Наименование	Кол-во	Параметры	Примечание
11	UM41S16 UM41S17 UM41S20 UM41S21 UM41S22 UM41S23 UM41S24 UM41S25 UM41S28 UM41S29 UM41S30 UM41S31 UM41S32 UM41S33	Вентиль запорный с электроприводом 15кч922нж	14	Dy50 Py16	
12	UM41S148 UM41S151 UM41S164 UM41S167 UM41S183 UM41S186 UM41S189 UM41S192 UM41S195 UM41S198 UM41S208 UM41S211 UM42S183 UM42S184 UM42S185 UM42S189 UM42S190 UM42S191 UM42S208 UM42S209 UM42S210 UM42S211 UM42S212	Вентиль запорный FDEIA105(506)	23	Dy32 Py63	

№ поз.	Оперативное обозначение	Наименование	Кол-во	Параметры	Примечание
12	UM42S213 UM42S214 UM42S215 UM42S216 UX21S14 UX21S15 UX21S18 UX21S19 UX21S20 UX21S22 UX21S23 UX21S26 UX21S27 UX22S14 UX22S15 UX22S18 UX22S19 UX22S20 UX22S21 UX22S22 UX22S23 UX22S26 UX22S27	Вентиль запорный FDEIA105(506)	23	Dy32 Py63	
13	UM41S170 UM41S220 UM42S148 UM42S149 UM42S150 UM42S151 UM42S152 UM42S153 UM42S170 UM42S171 UM42S172 UM42S174 UM42S175 UM42S176 UM42S177 UM42S178 UM42S179 UM42S186 UM42S187 UM42S188 UM42S192 UM42S193 UM42S194 UM42S195 UM42S196 UM42S197 UM42S198 UM42S199 UM42S201 UM42S220 UM42S221 UX21S16 UX21S17 UX21S21 UX22S16 UX22S17	Вентиль запорный ИТШЛ 491115	36	Dy32 Py64	
14	UM42S11 UM42S12 UM42S13 UM42S14 UM42S17 UM42S18 UM42S19 UM42S20 UM42S21 UM42S22 UM42S23 UM42S24 UM42S25 UM42S26 UM42S27 UM42S28 UM42S29 UM42S30 UM42S31	Вентиль регулирующий с электроприводом 25ч940нж	19	Dy25 Py16	
23	UM41S05	Клапан запорный 22лс86п	1	Dy15 Py25	
24	UM42S222 UM42S164 UM42S165 UM42S166	Вентиль запорный 15ч19п2	4	Dy25 Py16	
25	UM41S214	Вентиль запорный 15кч22нж	1	Dy50 Py40	
26	UM41S06 UM41S07 UM41S223 UM42S278	Вентиль запорный КЗ 26362015	4	Dy15 Py25	
27	UM42S147	Вентиль запорный 15кч16п	1	Dy40 Py25	

Рисунок Н.2, страница 2

ПРИЛОЖЕНИЕ П

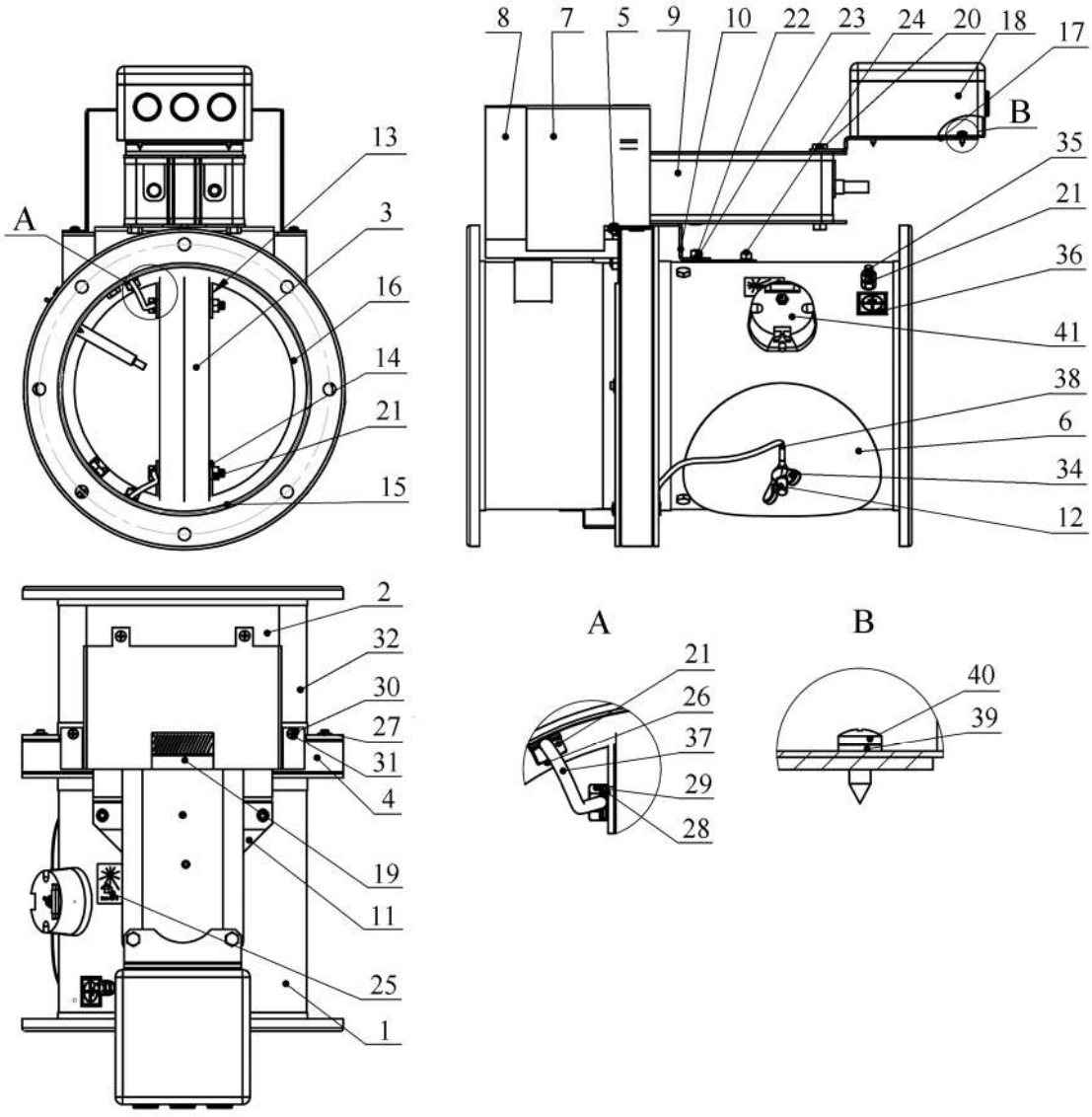
Выписка из руководства по техническому обслуживанию и ремонту клапанов противопожарных и дымовых PKTMD-120 исполнения .40

П.1 В марках клапанов противопожарных и дымовых приняты условные обозначения:

– О – клапан противопожарный нормально открытый;
– D – клапан дымовой;
– К – диаметр сечения круглого клапана;
– АхВ – размеры сечения прямоугольного клапана;
– х – материал корпуса.

П.2 Общий вид и спецификации клапанов противопожарных и дымовых PKTMD (120)-O-K-40.x, PKTMD (120)-D-K-40.x

П.2.1 Общий вид клапанов противопожарных и дымовых PKTMD (120)-O-K-40.x, PKTMD (120)-D-K-40.x показан на рис. 8.35, П.1.



Примечание – Огнезащитный кожух на электроприводе условно не показан.

Рисунок П.1 – Общий вид клапанов противопожарных и дымовых PKTMD круглого сечения

П.2.2 Спецификация клапанов противопожарных и дымовых PKTMD (120)-O-K-40.x, PKTMD (120)-D-K-40.x приведена в таблице П.1.

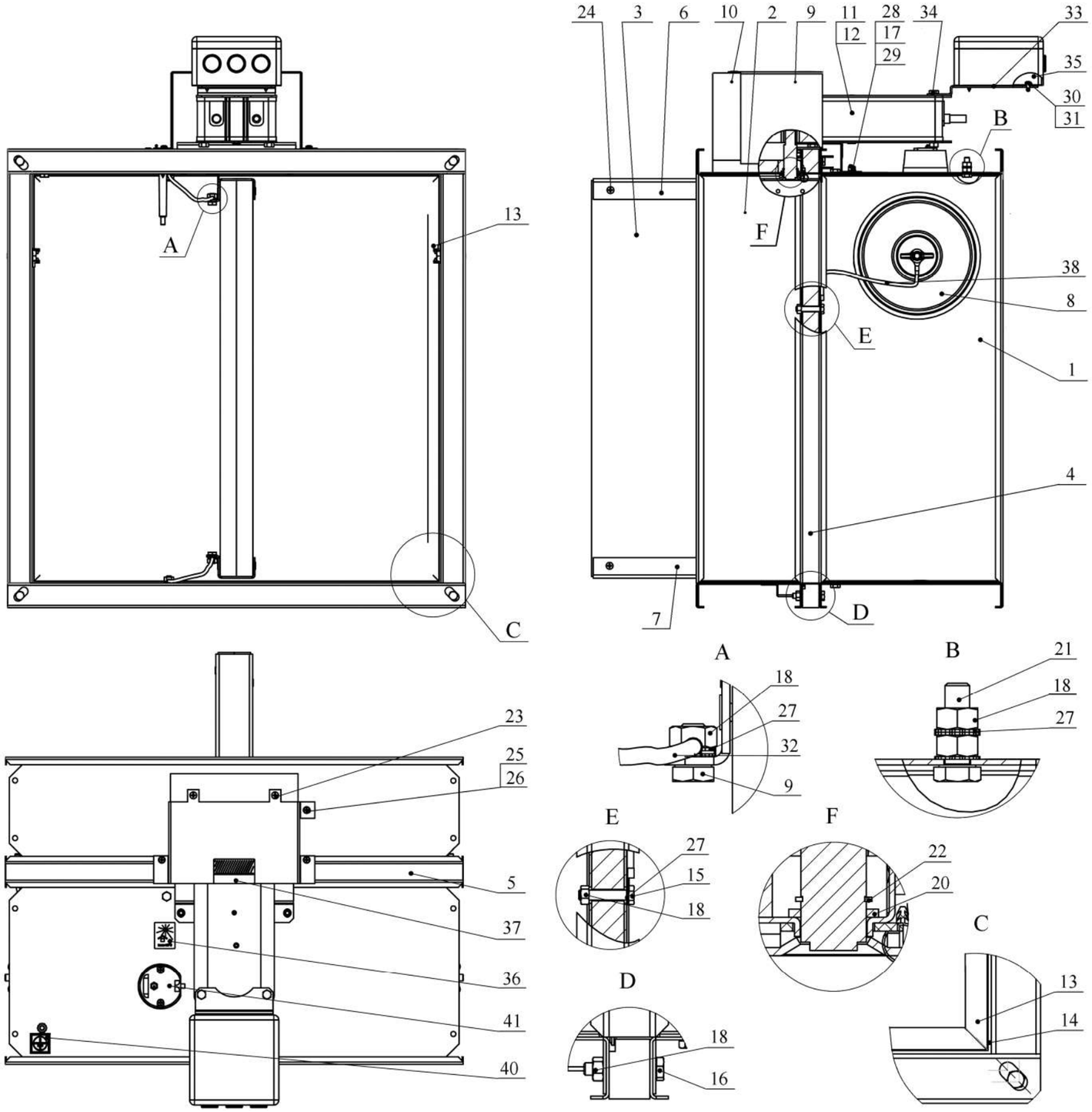
Таблица П.1 – Спецификация клапанов противопожарных и дымовых круглого сечения

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
1	315-5302-xxx	Корпус 1	1	
2	315-5204-xxxa	Корпус 2	1	
3	315-5218-xxx	Заслонка	1	
4	315-5221-xxx	Термоизолирующая вставка	2	На клапанах диаметром более 630 мм – 4
5	-	Выравнивающий лист	2	Для клапанов диаметром 180 мм, 200 мм, 225 мм
6	301-5207-001	Ревизионный лючок	1	
7	315-5031-002b	Кожух электропривода	1	
8	315-5034-002b	Кожух электропривода – задняя часть	1	
9	BF230-T	Электропривод	1	В клапанах PKTMD (120)-O-K-40.x
	BF230			В клапанах PKTMD (120)-D-K-40.x
10	315-5031-129	Пластина под электропривод	1	
11	315-5000-046	Выравнивающий лист с болтами	1	
12	315-5000-003a	Кронштейн с болтом	1	
13	315-5000-013a	Накладка на заслонку с втулкой 1	1	
14	315-5000-010a	Накладка на заслонку с втулкой 2	1	
15	PROMASEAL-LX	Вспучивающаяся теплоизоляционная лента	-	Длина 1,05 периметра заслонки
16	GUMA-TS-005	Силиконовый уплотнитель	-	
17	328-0000-039	Пластина под клеммную коробку	1	
18	PRIS-POZV-236	Клеммная коробка	1	
19	N328-5033-002	Наклейка «Край замуровки»	1	
20	S6HR-ZN-M06-244	Болт с шестигранной головкой М6х65	4	
21	MATI-ZN-M06-003	Гайка М6	18	
22	PODL-ZN-051-022	Шайба стопорная зубчатая 5	4	
23	MATI-ZN-M05-002	Гайка М5	4	
24	SZAP-ZN-M05-043	Болт с потайной головкой М5х10 IMPFH-M5-10-ZI	2	
25	N301-5006-006	Наклейка «t max»	1	
26	S6HR-ZN-M06-004	Болт с шестигранной головкой М6х10	2	
27	S6HR-ZN-M06-110	Болт с шестигранной головкой М6х35	6	
28	PODL-ZN-061-026	Шайба стопорная зубчатая 6	13	
29	S6HR-ZN-M06-139	Болт с шестигранной головкой М6х55	4	
30	PODL-ZN-043-004	Шайба стопорная зубчатая 4	2	
31	SPUL-NI-3.5-026	Винт самонарезающий 3,5х6,5	2	

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
32	VRUT-ZN-4.0-009	Шуруп универсальный 4x12	2	
33	PODL-ZN-084-012	Шайба стопорная зубчатая 8,4 ZN	2	
34	MATI-ZN-M08-006	Гайка барашковая	1	
35	S6HR-ZN-M06-005	Болт с шестигранной головкой M6x20	1	
36	N301-5006-005	Наклейка универсальная	1	
37	N315-5034-009	Кабель соединительный l = 170 мм	2	
38	N315-5034-007	Кабель соединительный	1	
39	GUMA-GU-105	Шайба уплотнительная	4	
40	SPUL-ZN-3.5-006	Винт самонарезающий 3,5x9,5	4	
41	BAE 72B-S	Термоэлектрическое отключающее устройство	1	Только в клапанах PKTMD (120)-O-K-40.x

П.3 Общий вид и спецификации клапанов противопожарных и дымовых PKTMD (120)-O-AxB-40.x, PKTMD (120)-D-AxB-40.x

П.3.1 Общий вид клапанов противопожарных и дымовых PKTMD (120)-O-AxB-40.x, PKTMD (120)-D-AxB-40.x показан на рис. 8.36, П.2.



Примечание – Огнезащитный кожух на электроприводе условно не показан.

Рисунок П.2 – Общий вид клапанов противопожарных и дымовых PKTMD прямоугольного сечения

П.3.2 Спецификация клапанов противопожарных и дымовых PKTMD (120)-O-AxB-40.x, PKTMD (120)-D-AxB-40.x приведена в таблице П.2.

Таблица П.2 – Спецификация клапанов противопожарных и дымовых прямоугольного сечения

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
1	315-5102-xxxa	Корпус 1	1	
2	315-5104-xxxa	Корпус 2	1	
3	315-5118-xxx	Заслонка	1	
4	315-5119-xxxa	Термоизолирующая вставка 1	2	
5	315-5120-xxxa	Термоизолирующая вставка 2	2	
6	315-5172-xxxa	Накладка на заслонку с втулкой 16x60	1	
7	315-5173-xxx	Накладка на заслонку с втулкой 16x18	1	
8	315-5000-002a	Ревизионный лючок	2	
9	315-5031-055a	Кожух электропривода	1	
10	315-5034-002b	Кожух электропривода – задняя часть	1	
11	BF230-T	Электропривод	1	В клапанах PKTMD (120)-O-AxB-40.x
	BF230			В клапанах PKTMD (120)-D-AxB-40.x
12	315-5031-127	Пластина под электропривод	1	
13	GUMA-TS-005	Силиконовый уплотнитель	-	Длина 1,05 периметра заслонки
14	PROMASEAL-LX	Вспучивающаяся теплоизоляционная лента	-	
15	S6HR-ZN-M06-006	Болт с шестигранной головкой M6x30	8	
16	S6HR-ZN-M06-110	Болт с шестигранной головкой M6x35	4	
17	MATI-ZN-M05-002	Гайка M5	22	
18	MATI-ZN-M06-003	Гайка M6	2	
19	S6HR-ZN-M06-004	Болт с шестигранной головкой M6x10	4	
20	PODL-ZN-160-001	Шайба 16x22x2	1	
21	S6HR-ZN-M06-005	Болт с шестигранной головкой M6x20	1	
22	KOTE-UN-045	Кольцо предохранительное 16	1	
23	VRUT-ZN-4.0-009	Шуруп универсальный 4x12	2	
24	VRUT-ZN-4.0-003	Шуруп универсальный 4x30	12	
25	SPUL-NI-3.5-026	Винт самонарезающий 3,5x6,5	3	
26	PODL-ZN-043-004	Шайба стопорная зубчатая 4	3	
27	PODL-ZN-061-026	Шайба стопорная зубчатая 6	14	
28	SZAP-ZN-M05-043	Болт с потайной головкой M5x10 IMPFH-M5-10-ZI	2	
29	PODL-ZN-051-022	Шайба стопорная зубчатая 5	2	
30	GUMA-GU-105	Шайба уплотнительная	4	
31	SPUL-ZN-3.5-006	Винт самонарезающий 3,5x9,5	4	
32	N315-5034-008	Кабель соединительный l = 125 мм	1	
33	328-0000-039	Пластина под клеммную коробку	1	

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
34	S6HR-ZN-M06-244	Болт с шестигранной головкой M6x65	4	
35	PRIS-ROZV-236	Клеммная коробка	1	
36	N301-5006-006	Наклейка «t max»	1	
37	N328-5033-002	Наклейка «Край замуровки»	1	
38	N315-5034-007	Кабель соединительный l = 250 мм	1	
39	377-5030-003	Уплотнитель ревизионного лючка	2	
40	N301-5006-005	Наклейка универсальная	1	
41	BAE 72B-S	Термоэлектрическое отключающее устройство	1	Только в клапанах PKTMD (120)-O-AxB-40.x

ПРИЛОЖЕНИЕ Р

Пример вкладыша в паспорт системы вентиляции

Сведения о ремонте оборудования вентиляционной системы

Оперативное обозначение оборудования	Вид ремонта	№ акта, дата утверждения	Место хранения акта
5TL28N03, N04	КР	05.ЭР.TL.АК.84/06 17.04.2006	Участок РВО
5TL28N01, N02	КР	05.ЭР.TL.АК.1580/07 04.06.2007	Участок РВО
5TL28D01	ТР	05.ЭР.TL.АК.22/08 08.01.2008	Участок РВО

Сведения о модернизации и замене оборудования вентиляционной системы

Оперативное обозначение оборудования	Марка замененного оборудования	№ акта, дата утверждения	Место хранения акта
5TL28N01, N02	АУ-1500 на АУИ-1500-1	05.ЭР.TL.АК.4920/07 17.02.2007	Участок РВО
5TL28N03, N04	АУ-1500 на АУИ-1500-1	05.ЭР.TL.АК.156/11 02.03.2011	Участок РВО
5TL28N07, N08	Д-23кл	05.ЭР.TL.АК.157/11 02.03.2011	Участок РВО

Сведения об испытаниях [проверках] вентиляционной системы

Вид испытаний [проверок]	№ акта (протокола), дата утверждения	Место хранения акта (протокола)
Периодические, 5TL28D02	Протокол обследования № 189 от 17.01.2006	ЛН СВ ЭРП
Периодические, 5TL28D01	Протокол обследования № 199 от 03.02.2006	ЛН СВ ЭРП
Периодические, 5TL28D02	Протокол обследования № 406 от 19.01.2007	ЛН СВ ЭРП

ПРИЛОЖЕНИЕ С

Примеры планов-схем расположения оборудования

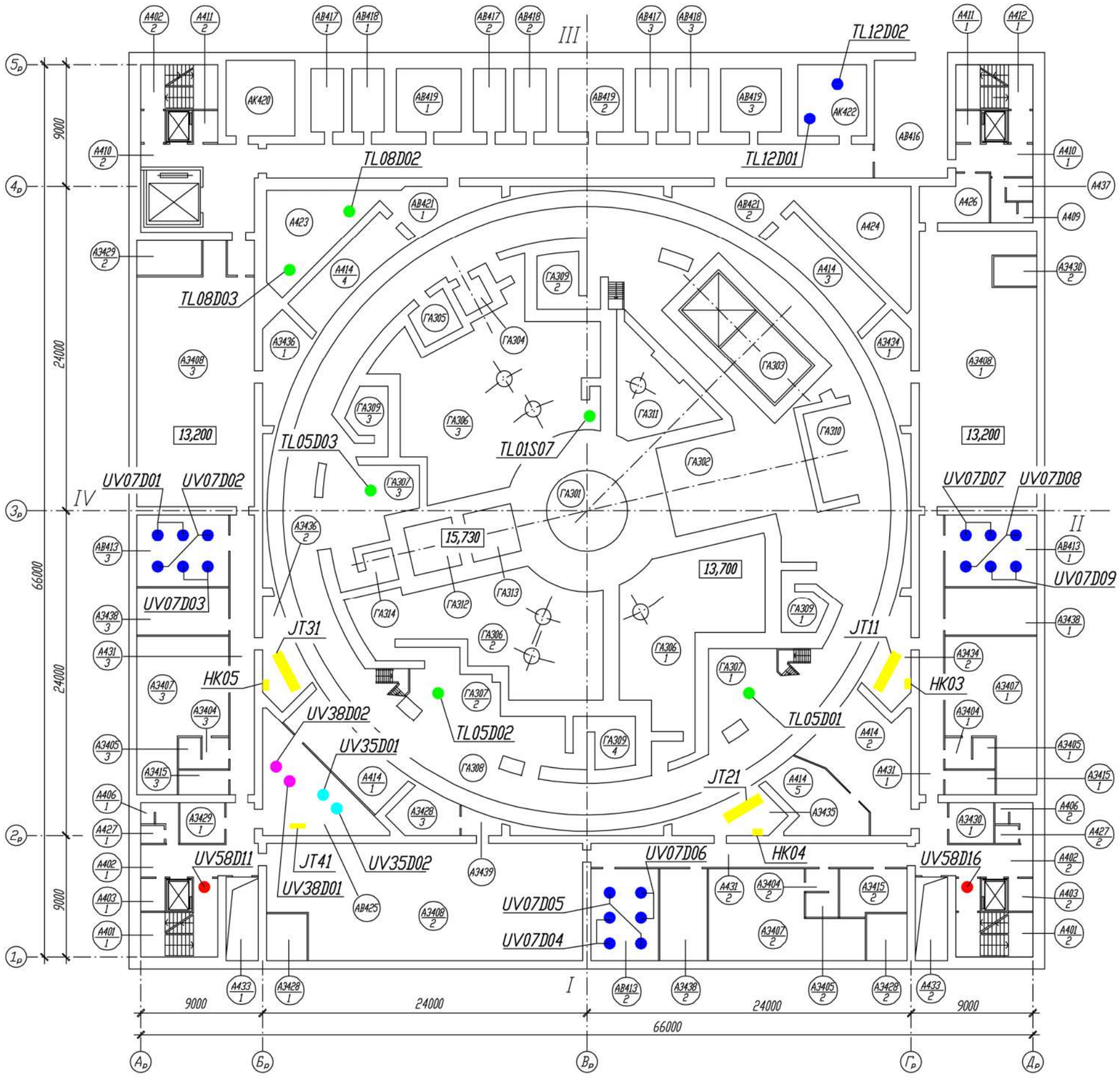


Рисунок С.1 – План-схема расположения оборудования систем вентиляции и кондиционирования воздуха на отм. 13,200 блока № 5

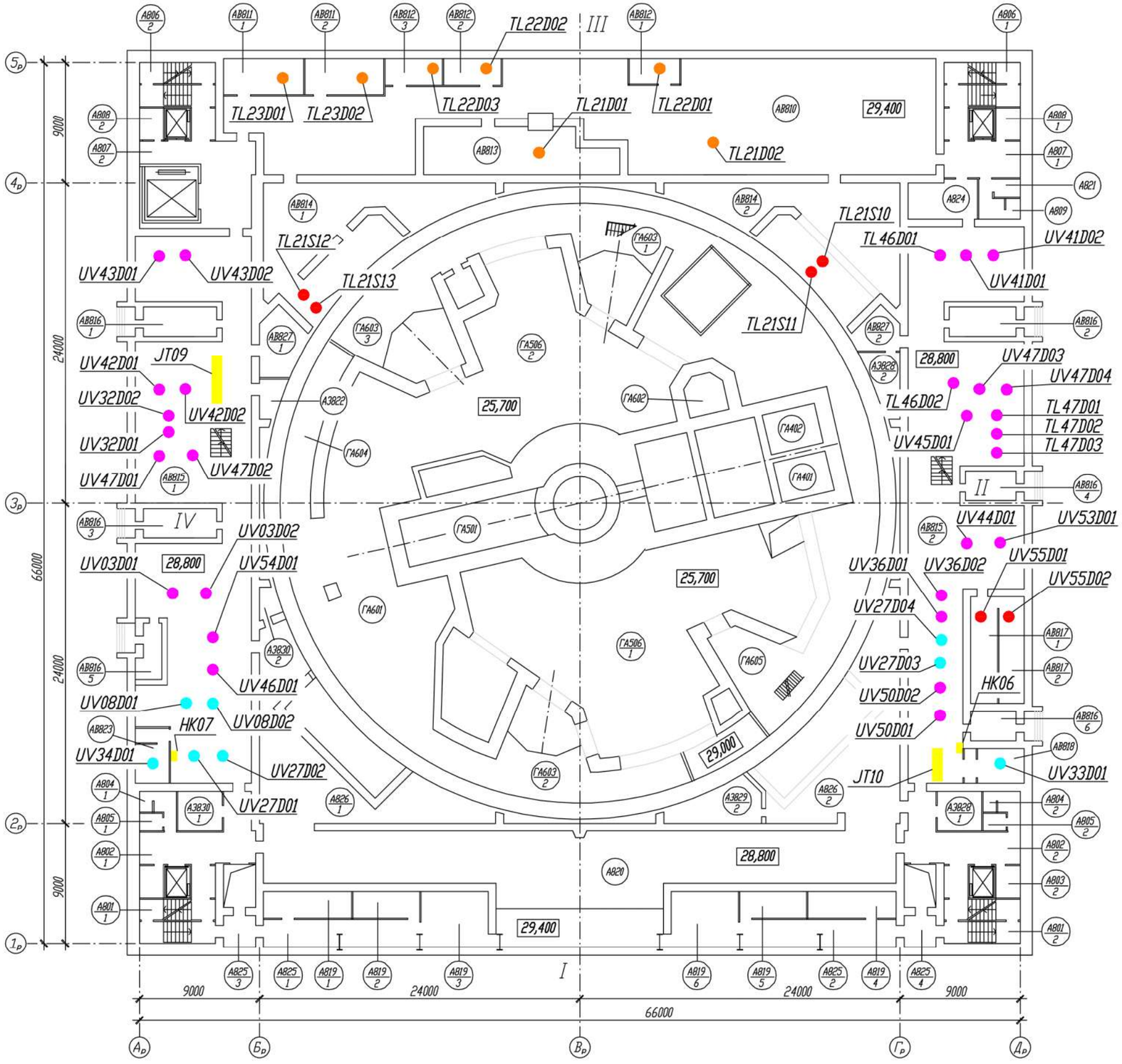


Рисунок С.2 – План-схема расположения оборудования систем вентиляции и кондиционирования воздуха на отм. 28,800 и 29,400 блока № 6

Перечень использованной литературы

1 Моисеев А.А., Иванов В.И. Справочник по дозиметрии и радиационной гигиене. 3-е изд., перераб. и доп. – М., Энергоатомиздат, 1984 – 296 с., ил.

2 00.РБ.ИН.15-24 «Инструкция по радиационной безопасности Запорожской АЭС»

3 СанПиН 2.6.1.24-03 «Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций» (СП АС-03)

4 Н.А. Фукс. Механика аэрозолей. Издательство Академии наук СССР. М., 1955

5 А.А. Ключников, Э.М. Пазухин, Ю.М. Шигера, В.Ю. Шигера. Радиоактивные отходы АЭС и методы обращения с ними. Под ред. Шигеры Ю.М. – Чернобыль, 2005

6 Technical reports series № 274 «Design of Off-gas and Air Cleaning Systems at Nuclear Power Plants» [Серия технических отчетов № 274 «Проектирование систем очистки удаляемых газов и воздуха на атомных электростанциях»]

7 Technical reports series № 358 «Off-gas and Air Cleaning Systems for Accident Conditions in Nuclear Power Plants» [Серия технических отчетов № 358 «Системы очистки отходящих газов и воздуха для аварийных условий на атомных электростанциях»]

8 Научно-технический центр по ядерной и радиационной безопасности (НТЦ ЯРБ). Заключительный отчет о проведении научно-исследовательской работы по теме: 2-8-2003-2004. Методический документ: «Рекомендации по оценке безопасности систем локализации и сброса давления при авариях на АЭС». – М., 2004

9 НП-001-15 «Общие положения обеспечения безопасности атомных станций»

10 НП-036-23 «Правила устройства и эксплуатации систем вентиляции, важных для безопасности, атомных станций»

11 ГОСТ Р 71176-2023 «Высокоэффективные фильтры очистки воздуха EPA, HEPA и ULPA. Часть 1. Классификация, методы испытаний, маркировка»

12 ГОСТ Р ЕН 1822-1-2010 «Высокоэффективные фильтры очистки воздуха EPA, HEPA и ULPA. Классификация, методы испытаний, маркировка» (EN 1822-1:2009, IDT)

13 ГОСТ Р 51251-99 «Фильтры очистки воздуха. Классификация. Маркировка»

14 ГОСТ Р ЕН 779-2014 «Фильтры очистки воздуха общего назначения. Определение технических характеристик» (EN 779:2012, IDT)

15 ГОСТ Р 70064.1-2022 (ИСО 16890-1:2016) «Технические характеристики, требования и система классификации, основанная на эффективности улавливания взвешенных частиц (ePM)»

16 НП 306.2.106-2005 «Вимоги до проведення модифікацій ядерних установок та порядку оцінки їх безпеки» [Требования к проведению модификаций ядерных установок и порядку оценки их безопасности]

17 ISO 12103-1:1997 «Road vehicles – Test dust for filter evaluation – Part 1: Arizona test dust» [Транспорт дорожный. Испытательная пыль для оценки фильтра. Часть 1. Испытательная пыль пустынь Аризоны]

18 EN 779:2012 «Particulate air filters for general ventilation – Determination of the filtration performance» [Фильтры для улавливания частиц воздуха для общей вентиляции. Определение эффективности фильтрации]

19 ISO 16890-1:2016 «Air filters for general ventilation – Part 1: Technical specifications, requirements and classification system based upon particulate matter efficiency (ePM)» [Технические характеристики, требования и система классификации, основанная на эффективности улавливания взвешенных частиц (ePM)]

20 ГОСТ Р ЕН 1822-4-2012 «Высокоэффективные фильтры очистки воздуха EPA, HEPA и ULPA. Часть 4. Испытания фильтров на утечку (метод сканирования)»

21 EN 1822-1:2019 «High efficiency air filters (EPA, HEPA and ULPA) – Part 1: Classification, performance testing, marking» [Высокоэффективные фильтры очистки воздуха (EPA, HEPA и ULPA). Часть 1. Классификация, методы испытаний, маркировка]

22 Методика TÜV SÜD испытаний активного угля на установке PANDUR

23 9958.00.00.ПМ часть 1 «Филиал НИФХИ им. Л.Я. Карпова. Методика измерения эффективности улавливания аэрозолей и паров молекулярного радиоактивного йода фильтром-адсорбером»
24 9958.00.00.ПМ часть 2 «Филиал НИФХИ им. Л.Я. Карпова. Методика измерения эффективности улавливания метилйодида фильтрами-адсорберами и универсальными аэрозольно-сорбирующими фильтрами»
25 ASTM D 3803-91 (2014) «Standard Test Method for Nuclear-Grade Activated Carbon» [Уголь активированный. Стандартные методы испытаний для ядерного класса]
26 МИ 6-16-28-1198-88 «Определение коэффициента проницаемости по парам радионуклида йода-131 и йодистого-131 метила»
27 МИСФ-2006 «ГНЦ «ФЭИ им. А.И. Лейпунского». Методика испытаний сорбционных фильтров и сорбционных материалов на МО УФК-3500»
28 Э. П. Магомедбекова, А. О. Меркушкина, А. В. Обручикова, Д. А. Сахаров «Сравнение сорбционной способности различных марок активированного угля по отношению к аргону, криптону и ксенону природного изотопного состава в статических условиях» – Теоретические основы химической технологии, 2021, том 55, № 6, с. 690-706
29 В.Г. Крицкий и др. «Анализ эффективности йодных угольных адсорберов в системах спецвентиляции АЭС с РБМК-1000» – Атомная энергия, т. 83, вып. 1, июль 1997
30 СНиП II-33-75 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»
31 СНиП 2.04.05-86 «Отопление, вентиляция и кондиционирование»
32 СНиП 2.04.05-91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование»
33 СП 131.13330.2018 «СНиП 23-01-99* Строительная климатология»
34 РД 210.006-90 «Нормы технологического проектирования атомных станций (с реакторами ВВЭР) (п. 5.3 СППНАЭ-87)»
35 ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»
36 ОЦПБ-0.41.001.03 (ЕР23-2011.230.ОД.1) «Дополнительная целевая переоценка безопасности энергоблоков ОП ЗАЭС с учетом уроков, извлеченных из аварии на АЭС Фукусима-1. Глава 3 Анализ развития аварий, связанных с потерей электропитания или/и конечного поглотителя тепла»
37 IAEA Safety Standards Series No. SSR-2/1 «International atomic energy agency, Safety of Nuclear Power Plants: Design», IAEA, Vienna, 2012 [Нормы безопасности МАГАТЭ для защиты людей и охраны окружающей среды. Безопасность атомных электростанций: проектирование. Конкретные требования безопасности]
38 ЕР75/200-18.200.ОД.2 «Обоснование живучести БЩУ и ВКЦ при запроектных авариях при эксплуатации энергоблоков ОП ЗАЭС в сверхпроектный срок эксплуатации на основании результатов оценки технического состояния обстройки реакторных отделений и строения внутреннего кризисного центра»
39 И 1.1.3.17.2134-2023 «Защита персонала атомных станций при пожарах (авариях) в условиях непригодной для дыхания среды. Средства индивидуальной защиты, порядок обеспечения и эксплуатации. Инструкция»
40 Федеральный закон 184-ФЗ «О техническом регулировании»
41 IAEA-TCS-27 «Technological and organizational aspects of radioactive waste management. A series of training courses. IAEA, Vienna, 2005» [Технологические и организационные аспекты обращения с радиоактивными отходами. Серия учебных курсов]
42 Федеральный закон 162-ФЗ «О стандартизации»
43 ТР ТС 004/2011 «О безопасности низковольтного оборудования»
44 ТР ТС 020/2011 «Электромагнитная совместимость технических средств»
45 ТР ТС 012/2011 «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах»
46 ТР ТС 010/2011 «О безопасности машин и оборудования»
47 ТР ТС 032/2013 «О безопасности оборудования, работающего под избыточным давлением»

48 Федеральный закон 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»
49 СП 7.13130.2013 «Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности»
50 СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»
51 ГОСТ 12.1.044-2018 «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения»
52 ГОСТ 34720-2021 «Клапаны противопожарные вентиляционных систем. Метод испытаний на огнестойкость»
53 ГОСТ Р 70094-2022 «Инженерные сети зданий и сооружений внутренние. Устройство огнестойких воздуховодов. Правила и контроль выполнения работ»
54 ГОСТ Р 59642-2021 «Средства противопожарной защиты зданий и сооружений. Заполнение проемов в противопожарных преградах. Общие требования к монтажу, техническому обслуживанию и ремонту. Методы контроля»
55 ГОСТ Р 53302-2009 «Оборудование противодымной защиты зданий и сооружений. Вентиляторы. Метод испытаний на огнестойкость»
56 ГОСТ Р 59637-2021 «Средства противопожарной защиты зданий и сооружений. Средства огнезащиты. Методы контроля качества огнезащитных работ при монтаже (нанесении), техническом обслуживании и ремонте»
57 СП 432.1325800.2019 «Покрытия огнезащитные. Мониторинг технического состояния»
58 СТО НОСТРОЙ/НОП 2.15.162-2014 «Инженерные сети зданий и сооружений внутренние. Устройство огнестойких воздуховодов. Правила, контроль выполнения, требования к результатам работ»
59 СП 60.13330.2020 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» (СНиП 41-01-2003)
60 EN 13501-3:2005+A1:2009 «Fire classification of construction products and building elements – Part 3: Classification using data from fire resistance tests on products and elements used in building service installations: fire resisting ducts and fire dampers» [Классификация строительных изделий и элементов зданий по пожарной безопасности. Часть 3. Классификация с использованием данных испытаний на огнестойкость изделий и элементов, используемых в инженерных сооружениях зданий: огнестойкие воздуховоды и противопожарные заслонки]
61 EN 13501-4:2016 «Fire classification of construction products and building elements – Part 4: Classification using data from fire resistance tests on components of smoke control systems» [Пожарная классификация строительных изделий и строительных элементов. Часть 4. Классификация с использованием данных испытаний на огнестойкость компонентов систем контроля дыма]
62 СТБ EN 13501-3-2011 «Классификация строительных изделий и материалов по пожарной опасности. Часть 3. Классификация по огнестойкости изделий, применяемых в инженерных системах здания: огнестойкость воздуховодов и противопожарных клапанов»
63 СТБ EN 13501-4-2011 «Классификация строительных изделий и материалов по пожарной опасности Часть 4. Классификация на основании данных результатов испытаний на огнестойкость компонентов систем дымоудаления»
64 UL 94 «Test for Flammability of Plastic Materials for Parts in Devices and Appliances» [Испытания на воспламеняемость пластмассовых материалов для деталей устройств и приборов]
65 СП 485.1311500.2020 «Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования»
66 ГОСТ 5976-2020 «Вентиляторы радиальные общего назначения. Общие технические условия»

67 ГОСТ 5976-90 «Вентиляторы радиальные общего назначения. Общие технические условия»
68 ГОСТ 5976-73 «Вентиляторы радиальные (центробежные) общего назначения. Общие технические условия»
69 ГОСТ 10616-73 «Вентиляторы радиальные (центробежные) и осевые. Основные размеры и характеристики»
70 ГОСТ 10616-90 «Вентиляторы радиальные и осевые. Размеры и параметры»
71 ГОСТ 10616-2015 «Вентиляторы радиальные и осевые. Размеры и параметры»
72 ГОСТ 11442-2020 «Вентиляторы осевые общего назначения. Общие технические условия»
73 ГОСТ 11442-90 «Вентиляторы осевые общего назначения. Общие технические условия»
74 ГОСТ 11442-74 «Вентиляторы осевые общего назначения. Общие технические условия»
75 ГОСТ 12521-89 «Затворы дисковые. Основные параметры»
76 ГОСТ Р 53673-2009 «Арматура трубопроводная. Затворы дисковые. Общие технические условия»
77 ГОСТ 34610-2019 «Арматура трубопроводная. Электроприводы. Общие технические условия»
78 ГОСТ 27330-97 «Воздухонагреватели. Типы и основные параметры»
79 AMCA 99-2406-03 «Designation for Rotation and Discharge of Centrifugal Fans» [Обозначение вращения и нагнетания центробежных вентиляторов]
80 ISO 13349-2:2022 «Fans – Vocabulary and definitions of categories – Part 2: Categories» [Вентиляторы. Словарь и определения категорий. Часть 2. Категории]
81 ГОСТ 12.2.007.0-75 «Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности»
82 ГОСТ 14254-2015 «Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP)»
83 ГОСТ 31610.0-2014 «Взрывоопасные среды. Часть 0. Оборудование. Общие требования. Обозначение»
84 ГОСТ Р 58698-2019 (МЭК 61140:2016) «Защита от поражения электрическим током. Общие положения для электроустановок и электрооборудования»
85 ГОСТ IEC 60034-1-2014 «Машины электрические вращающиеся. Часть 1. Номинальные значения параметров и эксплуатационные характеристики»
86 ГОСТ IEC 61293-2016 «Оборудование электрическое. Маркировка с указанием номинальных значений характеристик источников электропитания. Требования техники безопасности»
87 ГОСТ Р МЭК 60073-2000 «Интерфейс человекомашинный. Маркировка и обозначения органов управления и контрольных устройств. Правила кодирования информации
88 ГОСТ 31441.1-2011 (EN 13463-1:2001) «Оборудование неэлектрическое, предназначенное для применения в потенциально взрывоопасных средах. Часть 1. Общие требования»
89 ГОСТ Р 55026-2012 (ЕН 14986:2007) «Проектирование вентиляторов для работы в потенциально взрывоопасных средах»
90 CEN EN 779-93 «Particulate air filters for general ventilation. Requirements, testing, marking» [Фильтры очистки воздуха от частиц для общей вентиляции. Требования, методы испытаний, маркировка]
91 CEN EN 1822-1-1998 «High efficiency particulate air filters (HEPA and ULPA)» [Высокоэффективные фильтры (HEPA и ULPA) очистки воздуха от частиц]
92 ГОСТ Р ЕН 779-2007 «Фильтры очистки воздуха общего назначения. Определение эффективности фильтрации» (EN 779:2002, IDT)
93 ГОСТ Р ЕН 1822-2010 «Высокоэффективные фильтры очистки воздуха EPA, HEPA и ULPA Часть 1. Классификация, методы испытаний, маркировка» (EN 1822-1:2009, IDT)

94 EN 779:2002 «Particulate air filters for general ventilation – Determination of the filtration performance» [Фильтры для улавливания частиц воздуха для общей вентиляции - Определение эффективности фильтрации]
95 EN 1822-1:2009 High efficiency air filters (EPA, HEPA and ULPA) – Part 1: Classification, performance testing, marking» [«Высокоэффективные фильтры очистки воздуха EPA, HEPA и ULPA. Часть 1. Классификация, методы испытаний, маркировка]
96 ГОСТ Р 70064.2-2022 «Фильтры очистки воздуха общего назначения. Часть 2. Определение фракционной эффективности и перепада давления»
97 ГОСТ Р 70064.3-2022 «Фильтры очистки воздуха общего назначения. Часть 3. Определение зависимости эффективности и перепада давления от массы уловленной пыли»
98 ГОСТ Р 70064.4-2022 «Фильтры очистки воздуха общего назначения. Часть 4. Метод кондиционирования для определения минимальной фракционной эффективности»
99 ISO 29463-1:2011 «High efficiency filters and filter media for removing particles from air» [Высокоэффективные фильтры и фильтрующие материалы для удаления частиц из воздуха]
100 ISO 29463-1:2017 «High efficiency filters and filter media for removing particles from air» [Высокоэффективные фильтры и фильтрующие материалы для удаления частиц из воздуха]
101 ГОСТ Р ИСО 29463-2-2024 «Высокоэффективные фильтры и фильтрующие материалы для удаления частиц из воздуха. Часть 2. Получение аэрозолей, испытательное оборудование и статистика счета частиц»
102 ГОСТ Р ИСО 29463-3-2024 «Высокоэффективные фильтры и фильтрующие материалы для удаления частиц из воздуха. Часть 3. Испытания плоского фильтрующего материала»
103 ГОСТ Р ИСО 29463-4-2024 «Высокоэффективные фильтры и фильтрующие материалы для удаления частиц из воздуха. Часть 4. Метод испытаний фильтрующих элементов на утечку (метод сканирования)»
104 ГОСТ Р ИСО 29463-5-2024 «Высокоэффективные фильтры и фильтрующие материалы для удаления частиц из воздуха. Часть 5. Метод испытаний фильтрующих элементов»
105 ГОСТ EN 378-1-2014 «Системы холодильные и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Часть 1. Основные требования, определения, классификация и критерии выбора»
106 ГОСТ EN 378-2-2014 «Системы холодильные и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Часть 2. Проектирование, конструкция, изготовление, испытания, маркировка и документация»
107 ГОСТ EN 378-3-2014 «Системы холодильные и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Часть 3. Размещение оборудования и защита персонала»
108 ГОСТ EN 378-4-2014 «Системы холодильные и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Часть 4. Эксплуатация, техническое обслуживание, ремонт и восстановление»
109 ГОСТ ISO 817-2014 «Хладагенты. Система обозначений»
110 ГОСТ Р 58541.2-2019 «Кондиционеры, агрегатированные охладители жидкости и тепловые насосы для обогрева и охлаждения помещений, технологические чиллеры с компрессорами с электроприводом. Часть 2. Условия испытаний»
111 ГОСТ 32969-2014 (ISO 13253:2011) «Кондиционеры и воздухо-воздушные тепловые насосы с воздуховодами. Испытания и оценка рабочих характеристик»
112 ГОСТ 32970-2014 (ISO 5151:2010) «Кондиционеры и тепловые насосы без воздуховодов. Испытания и оценка рабочих характеристик»
113 ГОСТ 32968-2014 «Оборудование холодильное. Агенты холодильные. Требования по применению и извлечению»

114 EN 1751:2014 «Ventilation for buildings – Air terminal devices – Aerodynamic testing of damper and valves» [Вентиляция зданий. Воздухораспределительные устройства. Аэродинамические испытания заслонок и клапанов]
115 AMCA 500-D «Laboratory Methods of Testing Dampers for Rating» [Лабораторные методы испытаний заслонок на номинальные характеристики]
116 ГОСТ Р 70349-2022 «Вентиляция зданий. Воздуховоды. Классификация и основные параметры»
117 ВСН 353-86 «Проектирование и применение воздуховодов из унифицированных деталей»
118 РД 95 933-91 «Элементы металлических воздуховодов для систем вентиляции»
119 ГОСТ 24751-81 «Оборудование воздухотехническое. Номинальные размеры поперечных сечений присоединений»
120 ГОСТ 12.2.033-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования»
121 Федеральный закон 3-ФЗ «О радиационной безопасности населения»
122 Федеральный закон 170-ФЗ «Об использовании атомной энергии»
123 Федеральный закон 190-ФЗ «Об обращении с радиоактивными отходами»
124 Федеральный закон 317-ФЗ «О государственной корпорации по атомной энергии «Росатом»
125 НП-002-15 «Правила безопасности при обращении с радиоактивными отходами атомных станций»
126 НП-010-16 «Правила устройства и эксплуатации локализующих систем безопасности атомных станций»
127 НП-021-15 «Обращение с газообразными радиоактивными отходами. Требования безопасности»
128 НП-031-01 «Нормы проектирования сейсмостойких атомных станций»
129 НП-044-18 «Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под избыточным давлением, для объектов использования атомной энергии»
130 НП-045-18 «Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды для объектов использования атомной энергии»
131 НП-068-05 «Трубопроводная арматура для атомных станций. Общие технические требования»
132 НП-087-11 «Требования к системам аварийного электроснабжения атомных станций»
133 НП-089-15 «Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок»
134 СП 2.6.1.28-2000 «Правила радиационной безопасности при эксплуатации атомных станций» (ПРБ АС-99)
135 СП 2.6.1.2612-10 «Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности» (ОСПОРБ-99/2010)
136 СП 13.13130.2009 «Атомные станции. Требования пожарной безопасности»
137 ГОСТ Р МЭК 60964-2012 «Пункты управления. Проектирование. Атомные станции»
138 ГОСТ Р МЭК 60965-2020 «Резервный пункт управления атомной станции, используемый при отказе блочного пункта управления. Общие требования»
139 СТО 1.1.1.02.001.0673-2017 «Правила охраны труда при эксплуатации тепломеханического оборудования и тепловых сетей атомных станций АО «Концерн Росэнергоатом»
140 СТО 1.1.1.01.0678-2023 «Основные правила обеспечения эксплуатации атомных станций»
141 ГОСТ 30546.1-98 «Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям и методы расчета их сложных конструкций в части сейсмостойкости»
142 НП-036-05 «Правила устройства и эксплуатации систем вентиляции, важных для безопасности, атомных станций»

143 KTA 3601 (11/2017) «Lüftungstechnische Anlagen in Kernkraftwerken» [Системы вентиляции на атомных электростанциях]
144 ГОСТ 12.3.018-79 «ССБТ. Системы вентиляционные. Методы аэродинамических испытаний»
145 ТМТ 1.1.3.04.1468-2018 «Системы вентиляции атомных станций и их элементы. Испытания и проверки. Типовая методика»
146 ГОСТ 15.309-98 «Система разработки и постановки продукции на производство. Испытания и приемка выпускаемой продукции. Основные положения»
147 ГОСТ 10921-2017 «Вентиляторы радиальные и осевые. Методы аэродинамических испытаний»
148 Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей – 13 издание. Москва: Энергия, 1977
149 Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей. Издание 14-е, перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1989
150 Основные правила обеспечения эксплуатации атомных станций. – 2-е изд. – М: РУССЛИТ, 1998
151 РД ЭО 0348-02 «Основные правила обеспечения эксплуатации атомных станций. 3-е издание, измененное и дополненное»
152 СТО 1.1.1.01.0678-2007 «Основные правила обеспечения эксплуатации атомных станций»
153 СТО 1.1.1.01.0678-2015 «Основные правила обеспечения эксплуатации атомных станций»
154 ГОСТ Р 54443-2011 «Сорбенты йодные для атомных электростанций. Метод определения индекса сорбционной способности»
155 ДСП 6.177-2005-09-02 «Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України» [Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности Украины]
156 Техническое решение 123456.1020.ЭР.TL/UV/UT.ТР.11889 от 27.10.2016 «О безопасной эксплуатации систем вентиляции, имеющих в составе фильтры и адсорберы угольные, с отступлениями от требований ДСП 6.177-2005-09-02»
157 Концептуальное решение 123456.ЭР.TL/UV.РШ.4562 от 02.11.2017 «О модификации систем вентиляции, имеющих в составе высокоэффективные воздушные (аэрозольные) фильтры и адсорберы угольные»
158 А.В. Курындин, А.С. Шаповалов, М.Ю. Орлов, А.В. Коршунков «О нормативном регулировании систем вентиляции, важных для безопасности атомных станций» // Технологии обеспечения жизненного цикла ядерных энергетических установок. Научно-технический сборник. № 2 (24) 2021 с. 81-87
159 ISO 26802:2010 Nuclear facilities – Criteria for the design and the operation of containment and ventilation systems for nuclear reactors [Ядерные установки. Критерии проектирования и эксплуатации систем защитной оболочки и вентиляции ядерных реакторов]
160 СТБ ISO 26802-2022 «Ядерные установки. Критерии проектирования и эксплуатации систем защитной оболочки и вентиляции ядерных реакторов»
161 ДСТУ ISO 26802:2023 (ISO 26802:2010, IDT) «Ядерні установки. Критерії проектування та експлуатації систем захисної оболонки та вентиляційних систем ядерних реакторів» [Ядерные установки. Критерии проектирования и эксплуатации систем защитной оболочки и вентиляционных систем ядерных реакторов]
162 РТМ34-9АТЭП03-84 «Маркировка монтажных единиц ТЭС и АЭС»
163 IEC 61355-1:2008 «Classification and designation of documents for plants, systems and equipment – Part 1: Rules and classification tables» [Классификация и обозначение документов на промышленные установки, системы и оборудование. Часть 1. Правила и классификационные таблицы]
164 ОСТ 95-4-80 «Фильтры аэрозольные с фильтрующим материалом ФП. Технические условия»

165 ГКД 34.20.507-2003 «Техническая эксплуатация электрических станций и сетей. Правила»
166 ОСТ 34-37-811-85 «Пусконаладочные работы на атомных станциях с водо-водяными энергетическими реакторами. Техническая документация. Схемы технологические»
167 Корольченко А.Я., Корольченко Д.Я. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник. – 2-е издание, переработанное и дополненное. – М.: Ассоциация «Пожнаука», 2004. – 713 с.
168 ПУЭ-7 «Правила устройства электроустановок», введены в действие Приказом Министерства энергетики РФ от 08.07.2002 № 204
169 ГОСТ 12.1.004-76 «Пожарная безопасность. Общие требования»
170 ДБН В.2.5-56:2010 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Системи протипожежного захисту» [Инженерное оборудование зданий и сооружений. Системы противопожарной защиты]
171 ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту» [Системы противопожарной защиты]
172 ДСТУ CEN/TR 12101-4:2016 (CEN/TR 12101-4:2009, IDT) «Системи протидимного захисту. Частина 4 Побудова систем димо- та тепловидалення» [Системы противодымной защиты. Часть 4. Построение систем дымо- и теплоудаления]
173 ДСТУ CEN/TR 12101-5:2016 (CEN/TR 12101-5:2005, IDT) «Системи протидимного захисту. Частина 5. Настанови на базі функціональних рекомендацій та методи розрахунків систем димо- та тепловидалення» [Системы противодымной защиты. Часть 5. Руководства на базе функциональных рекомендаций и методы расчета систем дымо- и теплоудаления]
174 ДСТУ EN 12101-6:2016 (EN 12101-6:2005, IDT + EN 12101-6:2005/AC:2006, IDT) «Системи протидимного захисту. Частина 6. Технічні вимоги до систем зі створення різниці тисків» [Системы противодымной защиты. Часть 6. Технические требования к системам по созданию разницы давлений]
175 СП АЭС-79 «Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных электростанций»
176 СП АС-88 «Санитарные правила проектирования и эксплуатации атомных станций»
177 00.РБ.XQ.РГ.01-24 «Регламент (программа) радиационного контроля при эксплуатации объектов Запорожской АЭС»
178 00.РБ.XQ.КУ.01-23 «Карты уставок сигнализации радиационного контроля Запорожской АЭС»
179 00.РБ.XQ.РГ.07-24 «Контрольные уровни выбросов и сбросов радиоактивных веществ и доз облучения персонала группы А Запорожской АЭС»
180 СНиП 2.01.02-85 «Строительные нормы и правила. Противопожарные нормы»
181 20057.DL11R-DBA «Анализ проектных аварий. Энергоблок № 5. Увеличение теплообмена через 2 контур»
182 20051DL11R-IFA «Проект углубленного анализа безопасности энергоблока № 5 ЗАЭС. ВАБ для внутренних воздействий в ограниченном объеме. Вероятностная оценка риска при внутреннем затоплении. Предварительный анализ»
183 ЦУА-661-1298-ОВ.ПЗ «Запорожская АЭС. Блоки 1-6. Реакторное отделение. Предоставление технической помощи при эксплуатации систем кондиционирования воздуха, охлаждающих помещения АК 329/1, 2, 3. Пояснительная записка»
184 ОСТ 95 238-79 «Клапаны избыточного давления. Технические условия»
185 ТУ У 28.1-26444970-004:2012 «Клапаны избыточного давления. Технические условия»
186 СН 463-74 «Указания по определению категории производств по взрывной, взрывопожарной и пожарной опасности»
187 ОНТП 24-86 «Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности»

188 ТУ У 3.01-14308032-159-2000 «Вентиляторы переносные. Технические условия»
189 ГОСТ 15150-69 «Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды»
190 ТУ У 31.1-32832237-034:2013 «Двигатели асинхронные 4АМУ для герметичной зоны АЭС. Технические условия»
191 ГОСТ 8865-93 «Системы электрической изоляции. Оценка нагревостойкости и классификация»
192 ГОСТ 17053.1-80 «Амортизаторы корабельные АКСС-М. Технические условия»
193 ТУ 16-531-687-80 «Электрокалориферы серии СФО. Технические условия»
194 Информационный лист ИАКЯ.060.529.004.ДИ (Троицкий электромеханический завод)
195 Технические характеристики пучка ТЭМЗ-XXVI (Троицкий электромеханический завод)
196 ТУ У 28.1-26444970-002:2006 «Воздухоохладители. Технические условия»
197 ТУ У 28.2-26444970-002:2014 «Воздухоохладители. Технические условия»
198 ГОСТ 9544-2015 «Арматура трубопроводная. Нормы герметичности затворов»
199 ТУ У 29.2-14308032-011-2004 «Клапаны обратные. Технические условия»
200 ТУ 4863-136-4014953-2009 «Клапаны обратные. Технические условия»
201 ТУ 22-4433-79 «Клапаны воздушные утепленные КВУ 600х1000; КВУ 1600х1000; КВУ 1800х1000; КВУ 2400х1000; КВУ 1800х1400; КВУ 2400х1400. Технические условия»
202 ТУ 22-5961-85 «Клапаны воздушные утепленные КВУ 600х1000Б; КВУ 1600х1000Б; КВУ 1800х1000Б; КВУ 2400х1000Б; КВУ 1800х1400Б; КВУ 2400х1400Б. Технические условия»
203 ТУ 4863-135-4014953-2009 «Клапаны воздухорегулирующие, типы: Регуляр, Гермик, Кедр, Нерпа, Регуляр-Л. Технические условия»
204 Серия 1.494-14 «Заслонки воздушные унифицированные для систем вентиляции. Выпуск 3. Таблицы основных, габаритных и присоединительных размеров заслонок»
205 Серия 5.904-13 «Заслонки воздушные унифицированные для систем вентиляции. Выпуск 0. Материалы для проектирования»
206 СП 88.13330.2014 «СНиП II-11-77*. Защитные сооружения гражданской обороны. Актуализированная редакция»
207 ТУ 95 855-85Е «Фильтры и фильтрэлементы ФАРТОС. Технические условия»
208 ТУ 696800-011-51141009-2005 «Фильтр аэрозольный сорбирующий йодный ФАИ-3000. Технические условия»
209 ТУ 34-38-20608-77 «Адсорберы угольные АУ-1500. Технические условия»
210 ТУ 34-38-10481-82 «Адсорберы угольные АУ-1500. Технические условия»
211 ТУ 34-38-11120-87 «Адсорберы угольные АУИ-1500-1. Технические условия»
212 СН 512-78 «Инструкция по проектированию зданий и помещений для электронно-вычислительных машин»
213 ТУ У 29.2-31632410-002:2005 «Кондиционеры центральные каркасно-панельные типа КЦКП, компактные панельные типа ККП и блоки оборудования. Технические условия»
214 ОСТ 34-13-682-84 – ОСТ 34-13-700-84 «Воздуховоды металлические для атомных электростанций. Детали и элементы. Типы и основные размеры»
215 СНиП 3.05.01-85 «Внутренние санитарно-технические системы»
216 5.904-1 «Типовые конструкции, изделия и узлы зданий и сооружений. Детали креплений воздуховодов»
217 ТРМ 117/15-2015 МЧ «Клапаны противопожарные PKTMD-120. Монтажные и установочные чертежи»
218 М. П. Калинушкин. Вентиляторные установки. Издание пятое, переработанное и дополненное. Государственное издательство «Высшая школа». М.: 1962

219 Торговников Б.М., Табачник В.Е., Ефанов Е.М. Проектирование промышленной вентиляции. Справочник. Киев, «Будівельник», 1983
220 СТО 1.1.1.01.003.0779-2021 «Разработка и обращение эксплуатационной документации по ведению технологических процессов (инструкции по эксплуатации, схемы, альбомы схем)»
221 СТО 1.1.1.01.003.1962-2022 «Управление разработкой проектов атомных станций с реакторами различного типа. Оформление проектной документации»
222 ТРГ 1.1.3.03.1904-2022 «Проверка и испытания систем и оборудования энергоблоков атомных станций с реакторами ВВЭР. Типовой регламент»
223 ГОСТ Р 53300-2009 «Противодымная защита зданий и сооружений. Методы приемосдаточных и периодических испытаний»
224 Приказ МЧС РФ от 30.07.2020 № 571 «Об утверждении минимального перечня оборудования, инструментов, технических средств, в том числе средств измерения, для выполнения работ и оказания услуг в области пожарной безопасности при осуществлении деятельности по монтажу, техническому обслуживанию и ремонту средств обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений»
225 МТ 1.2.1.15.002.0965-2014 «Определение коэффициента очистки воздуха от радиоактивных аэрозолей фильтрами систем вентиляции атомных станций. Методика»
226 ТМТ 1.1.8.05.1028-2015 «Контроль эффективности очистки воздуха аэрозольными и йодными фильтрами фильтровальных установок вентиляционных систем атомных станций. Типовая методика»
227 МТ 1.1.4.02.002.1377-2017 «Измерение эффективности очистки вентиляционного воздуха аэрозольными фильтрами систем вентиляции атомных станций. Методика»
228 МТ 1.2.1.15.002.1047-2015 «Определение коэффициента очистки воздуха от радиоактивного йода фильтрами систем вентиляции атомных станций. Методика»
229 МТ 1.2.1.15.002.1029-2015 «Измерение эффективности очистки вентиляционного воздуха систем вентиляции атомных электростанций йодными фильтрами с использованием фреона. Методика»
230 «Сопоставление поглощающей способности йодидных фильтров-сорбентов по радиоактивному метилйодиду и фреону» Ягодкин И. В., Посаженников А. М., Саутин С. А., Исаев А. Ю.// Теплофизика реакторов нового поколения (Теплофизика – 2018) с. 174-185
231 ПОР 1.1.3.19.1514-2018 «Порядок обращения проектной и рабочей документации по модернизации систем и оборудования атомных станций»
232 Концептуальное решение 12.ЭР.UV.РШ.2465 «О реконструкции систем вентиляции и кондиционирования воздуха, обслуживающих помещения АСУТП РО, на энергоблоках № 1, 2»
233 СТО 1.1.1.01.003.1074-2015 «Ремонтная документация. Технологическая документация на ремонт оборудования атомных станций. Правила построения, изложения, оформления, согласования, утверждения и регистрации»
234 СТО 1.1.1.01.003.1075-2019 «Ремонтная документация. Технические условия на ремонт оборудования атомных станций. Правила построения, изложения, оформления, согласования, утверждения и регистрации»
235 ТРМ 117/15-2015.001 РР «Клапаны противопожарные PKTMD-120 исполнения .40. Руководство по техническому обслуживанию и ремонту»
236 СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания»
237 ПиН АЭ-5.6 «Нормы строительного проектирования АС с реакторами различного типа»
238 СТО 70238424.29.160.30.002-2009 «Электродвигатели. Организация эксплуатации и технического обслуживания. Нормы и требования»

239 ГОСТ 30893.1-2002 (ИСО 2768-1-89) «Основные нормы взаимозаменяемости. Общие допуски. Предельные отклонения линейных и угловых размеров с неуказанными допусками»
240 ГОСТ 2.307-68 «Единая система конструкторской документации. Нанесение размеров и предельных отклонений»
241 ГОСТ 30631-99 «Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам при эксплуатации»
242 ГОСТ 30630.1.7-2013 «Методы испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Испытания на воздействие ударов при свободном падении, при падении вследствие опрокидывания; на воздействие качки и длительных наклонов»
243 ГОСТ 27.003-2016 «Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований по надежности»
244 ГОСТ 26291-84 «Надежность атомных станций и их оборудования. Общие положения и номенклатура показателей»
245 ГОСТ 21.602-2016 «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации систем отопления, вентиляции и кондиционирования»
246 Монтаж вентиляционных систем. Под ред. И.Г. Староверова. Изд. 3-е, перераб. и доп. М., Стройиздат, 1978
247 Ф.И. Грингауз. Слесарь-жестянщик по промышленной вентиляции. М., Госстройиздат, 1959
248 ГОСТ 31441.5-2011 «Оборудование неэлектрическое, предназначенное для применения в потенциально взрывоопасных средах. Часть 5. Защита конструкционной безопасностью «с»
249 ВСН 01-87 «Противопожарные нормы проектирования атомных станций»
250 СТО 1.1.1.03.002.1069-2015 «Противопожарные требования при проектировании атомных станций»
251 ДСТУ EN 15004-1:2014 (EN 15004-1:2008, IDT) «Стаціонарні системи пожежогасіння. Системи газового пожежогасіння. Частина 1. Проектування, монтування та технічне обслуговування» [Стационарные системы пожаротушения. Системы газового пожаротушения. Часть 1. Проектирование, монтаж и техническое обслуживание]
252 ТУ 38 1059-86 «Рукава для подачи кислорода и воздуха (К, КП, КШ). Технические условия»
253 Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / Под ред. М.О. Штейнберга. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1992. – 672 с.: ил.
254 ГОСТ 10808-73 «Кондиционеры автономные общего назначения. Типы и основные параметры»
255 Кондиционирование воздуха и холодоснабжение: Учебник для вузов / В.Н. Богословский, О.Я. Кокорин, Л.В. Петров. Под ред. В.Н. Богословского. – М.: Стройиздат, 1985. – 367 с., ил.
256 СТО СРО-П 60542948 00047-2016 «Объекты использования атомной энергии. Проектная документация. Порядок разработки. Общие требования»
257 СТО СРО-П 60542948 00052-2017 «Объекты использования атомной энергии. Рабочая документация. Порядок подготовки. Общие требования»
258 МУ-ПРО.91.00.00 «Методические указания по учету опыта эксплуатации при разработке и сопровождении проектной документации атомных станций»
259 ГОСТ 34002-2016 (ISO 13349:2010) «Вентиляторы. Термины и классификация»

У ч е б н о е и з д а н и е

Лысцов Сергей Олегович
Соколов Вячеслав Витальевич

СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА РЕАКТОРНОГО ОТДЕЛЕНИЯ АТОМНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ С РУ В-320, ИХ НАЗНАЧЕНИЕ, ФУНКЦИИ, ЗАДАЧИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ, ПРИМЕНЯЕМОЕ ОБОРУДОВАНИЕ. ПОДЛИННАЯ ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ, ДОВЕДЕНИЯ ДО РАБОТОСПОСОБНОГО СОСТОЯНИЯ, НАЛАДКИ, ЭКСПЛУАТАЦИИ И МОДЕРНИЗАЦИИ НА ПРИМЕРЕ ЗАПОРОЖСКОЙ АЭС

Учебно-методическое пособие

В авторской редакции

Изд. № 147/2024. Объем 36 п.л. Усл. печ. л. 33,48. Уч.-изд. л. 35,98.
Издательский центр ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»