

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Ю.В. Браславский, А.В. Губин, В.В. Смирнов

МАСЛЯНЫЕ СИСТЕМЫ РЕАКТОРНОГО ЦЕХА ЯЭУ С ВВЭР-1000

Учебное пособие

Севастополь
СевГУ
2023

УДК 621.039.53(075.8)

ББК 31.46-04я73

Б874

Р е ц е н з е н т ы:

К.Б. Матузаев - канд. техн. наук, доцент,
заведующий кафедрой «Ядерные энергетические установки»,

А.А. Скидан - канд. техн. наук, доцент,
заведующий кафедрой «Системы контроля и управления атомных станций»

Браславский, Ю.В.

Б874 Масляные системы реакторного цеха ЯЭУ с ВВЭР-1000: учебное пособие / Ю.В. Браславский, А.В. Губин, В.В. Смирнов ; Севастопольский государственный университет, Институт ядерной энергии и промышленности. – Севастополь: СевГУ, 2023. – 51 с.: ил. – Текст : электронный.

Представлено описание основных масляных систем реакторного цеха энергоблока с ВВЭР-1000 (В-320), изложены основные принципы их эксплуатации и даны технические характеристики оборудования.

Предназначено для студентов университета, обучающихся по специальности «Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг», а также может быть использовано студентами других специальностей.

УДК 621.039.53(075.8)

ББК 31.46-04я73

Учебное пособие рассмотрено и утверждено на заседании кафедры «Ядерные энергетические установки», протокол № 10 от 10 марта 2023 г.

© Браславский Ю.В.,
Губин А.В., Смирнов В.В., 2023
© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2023

СОДЕРЖАНИЕ

Перечень принятых сокращений	4
Предисловие	5
1. Основные термины и определения	6
2. Природа турбинного масла и его свойства	8
3. Система маслоснабжения реакторного цеха	16
3.1. Назначение и описание технологической схемы	16
3.2. Основное оборудование системы	18
3.3. Работа системы	26
4. Система маслоснабжения ГЦН	28
4.1. Назначение и описание технологической схемы	28
4.2. Основное оборудование системы	32
4.3. Работа системы	40
5. Система маслоснабжения подпиточных насосов	42
5.1. Назначение и описание технологической схемы	42
5.2. Основное оборудование системы	45
5.3. Работа системы	49
Литература	51

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

АЭС	– атомная электрическая станция
БЩУ	– блочный щит управления
ВВЭР	– водо-водяной энергетический реактор
ГО	– гермооболочка
ГУП	– главный упорный подшипник
ГЦН	– главный циркуляционный насос
КИП	– контрольно-измерительные приборы
КПД	– коэффициент полезного действия
ПН	– подпиточный насос
РУ	– реакторная установка
РЦ	– реакторный цех
ЯЭУ	– ядерная энергетическая установка

ПРЕДИСЛОВИЕ

В составе ядерной энергетической установки с ВВЭР-1000 предусмотрено значительное количество механизмов, требующих для своего нормального функционирования применения смазывающих материалов. Это, например, главные циркуляционные насосы, верхний (главный упорный) подшипник которых смазывается маслом, или основной подпиточный насос, который, помимо подшипников, содержит в своем составе гидравлическую муфту. Этот элемент предназначен для изменения подачи подпиточного агрегата, а основной средой, с помощью которой происходит это изменение, также является масло.

В связи с этим, предусмотрен ряд технологических систем, обеспечивающих хранение и подачу масла потребителям, его слив и транспортировку на очистку. При этом, помимо основной маслосистемы (системы маслоснабжения реакторного цеха), обеспечивающей маслом весь цех в целом, имеются маслосистемы для наиболее требовательных с точки зрения расхода масла элементов:

- система маслоснабжения подпиточных агрегатов;
- система маслоснабжения ГЦН.

Нормальная эксплуатация ЯЭУ и всего энергоблока невозможна без стабильной работы указанных систем.

1. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Энергетическое оборудование – тепломеханическое и электротехническое оборудование АЭС общего назначения, в технологических системах которого масла применяются в качестве рабочих жидкостей.

Товарное масло – масло, поступившее с завода-изготовителя и находящееся в транспортной емкости (железнодорожная цистерна, автоцистерна или бочка), сопровождаемое сертификатом или паспортом завода-изготовителя, удостоверяющим его соответствие требованиям стандарта.

Свежее масло – масло, слитое из транспортных емкостей и (или) находящееся на хранении, соответствующее требованиям стандарта.

Подготовленное или очищенное масло – масло, прошедшее специальную обработку (осушку, очистку от механических примесей и, при необходимости, дегазацию), соответствующее требованиям, предъявляемым к маслу, предназначенному к заливу (доливке) в энергетическое оборудование.

Эксплуатационное масло – масло, находящееся в энергетическом оборудовании и соответствующее требованиям, предъявляемым к маслу, эксплуатируемому в оборудовании, а также масла, находящиеся на хранении после слива из оборудования, которые могут быть повторно применены по прямому назначению без дополнительной обработки (очистки, стабилизации присадками, регенерации).

Отработанное масло – масло, слитое из оборудования в случае несоответствия эксплуатационным нормам (предельно допустимым значениям) или по истечении установленного срока службы, которое нельзя использовать по прямому назначению без дополнительной обработки.

Регенерированное масло – масло (отработанное), прошедшее регенерацию, пригодное для повторного применения по прямому назначению, соответствующее требованиям, предъявляемым к эксплуатационному маслу.

Некондиционное масло – масло, не удовлетворяющее требованиям стандарта (нормативного документа).

Загрязнения – вещества различной природы (вода, механические примеси, масляный шлам, пузырьки газов), попавшие в масло из окружающей среды или технологических систем при его изготовлении, транспортировании, хранении, перекачке или эксплуатации, ухудшающие его эксплуатационные характеристики и находящиеся в масле в дисперсном (взвешенном) состоянии.

Продукты старения – вещества различной природы (асфальто-смолистые соединения, кислоты, соли различных кислот, различные гетероатомные органические соединения, вода, газы), образовавшиеся в масле в процессе его хранения или эксплуатации за счет деградации самого мас-

ла и (или) конструкционных материалов, ухудшающие его эксплуатационные характеристики и находящиеся в масле в растворенном и (или) мелкодисперсном (коллоидном) состоянии.

Механические примеси – твердые, взвешенные частицы различной природы (частицы металлов, продукты коррозии и износа конструкционных материалов, целлюлозные волокна, частицы силикатных и органических эластомеров, пыль, колонии бактерий и т.п.), ухудшающие эксплуатационные характеристики масла.

Присадки – вещества различной природы, добавляемые в масла для улучшения их эксплуатационных характеристик (качества).

Очистка – это процесс удаления из масла только загрязнений с использованием, в основном, физических методов (отстой, фильтрация, центробежная сепарация, вакуумное испарение и др.) для обеспечения качества масла, заливаемого в энергетическое оборудование, требованиям стандарта.

Регенерация – процесс восстановления эксплуатационных характеристик (качества) отработанного масла для повторного применения его по прямому назначению до требований стандарта, предъявляемым к регенерированному маслу. Регенерация масла предусматривает удаление из масла как загрязнений, так и продуктов старения с использованием различных физических, физико-химических методов (адсорбция, кислотная и щелочная очистка, гидроочистка, селективная очистка, термовакuumное фракционирование и другие). Технологически процесс регенерации масла включает в себя комбинацию различных методов удаления нежелательных компонентов с последующей стабилизацией очищенного масла с помощью присадок.

Стабилизация присадками – ввод присадок в эксплуатационное и (или) регенерированное масло для повышения его качества, продления срока службы в оборудовании и обеспечения соответствия эксплуатационных характеристик требованиям стандарта.

2. ПРИРОДА ТУРБИННОГО МАСЛА И ЕГО СВОЙСТВА

Турбинное масло является продуктом переработки нефти – сложной смеси углеводородов различного строения и происхождения. После первичной перегонки нефти при атмосферном давлении получают легкокипящие бензиновые, лигроиновые, керосиновые и газойлевые фракции, а также остаток – мазут, продуктом вакуумной перегонки которого являются масляные дистилляты. Турбинное масло получается путем специальной очистки указанных дистиллятов с целью удаления тех компонентов, которые ухудшают стабильность масла, повышают коррозионную агрессивность, снижают текучесть.

Способ очистки дистиллятов в значительной мере влияет на качество масла. Турбинные масла по способу очистки классифицируются на масла кислотной, селективной, гидрогенизационной и земельной очистки.

В зависимости от качества сырой нефти и мазута, а также от назначения получаемых масел используются те или иные способы очистки, причем в большинстве случаев применяют комбинацию различных ее способов.

Кислотная очистка заключается в первоначальной обработке масляного дистиллята серной кислотой. Увеличивая концентрацию и количество кислоты, можно добиться почти полного удаления смолистых веществ и ароматических углеводородов. Однако такое переочищенное масло будет нестабильным.

Селективная очистка заключается в избирательном извлечении растворителем из масляных дистиллятов нежелательных компонентов: смол, сернистых и азотистых соединений, некоторых углеводородов, сероуглеродов и др. В дальнейшем масло подлежит еще депарафинизации.

Гидрогенизационная очистка (гидроочистка) включает в себя обработку масла водородом, под воздействием которого сернистые соединения в присутствии катализаторов (кобальта или молибдена) преобразуются в сероводород, удаляемый с газообразными продуктами.

Земельная очистка является завершающей операцией. Отбеливающие земли – различные виды природных гидросиликатов алюминия. Их действие основано на адсорбции, т.е. на поглощении порами твердого сорбента жидких и полужидких веществ различного химического состава. Контактная очистка заключается в том, что масло смешивается с размолотой отбеливающей землей, подвергается нагреву в течение времени, необходимого для завершения процесса адсорбции, и фильтруется. В процессе контактной очистки турбинное масло доводится до необходимой кондиции и приобретает хорошие качества и цвет.

Однако использование совершенных методов перегонки нефти и очистки дистиллятов не позволяет получить смазочные материалы, полностью удовлетворяющие требованиям современных турбоагрегатов. Поэтому для

улучшения эксплуатационных свойств масел вводят композиции **присадок**, являющихся обычно продуктами химического синтеза.

К физико-химическим и эксплуатационным свойствам масла относятся:

Теплопроводность. Для поддержания эффективной работы системы смазки необходимо отводить тепло, образующееся при трении в подшипниках, гидромуфтах, редукторах. Турбинное масло – плохой проводник теплоты. Теплопроводность воды в 4-5, а стали – в 500 раз выше, чем масла.

Температура вспышки – это температура, при которой пары масла, нагревающегося в открытом сосуде, вспыхивают при поднесении к ним пламени, называют температурой вспышки в открытом тигле. Ее значение тесно связано с фракционным составом турбинного масла и существенно снижается в присутствии более легких фракций. Увеличение содержания ароматических углеводородов в масле приводит к повышению температуры вспышки. В связи с этим у более глубоко очищенных масел этот показатель ниже, чем у недоочищенных. При окислении, сопровождающем процесс старения турбинных масел в эксплуатации, образуются летучие продукты, которые также снижают температуру вспышки. Поэтому в нормативных документах предусмотрена периодическая проверка ее значения.

Вязкость – характеристика масел, являющаяся одним из важнейших показателей, определяющим в значительной степени их техническую пригодность.

При воздействии на жидкость внешних сил она сопротивляется потоку благодаря внутреннему трению. Вязкость – мера этого внутреннего трения.

Кинематическая вязкость – мера потока, имеющего сопротивление жидкости под влиянием силы тяжести. Когда две жидкости равного объема помещены в идентичные капиллярные вискозиметры и двигаются самотеком, вязкой жидкости требуется больше времени для протекания через капилляр. Если одной жидкости требуется для вытекания 200 секунд, а другой – 400, то вторая жидкость в два раза более вязкая, чем первая по шкале кинематической вязкости.

Динамическая вязкость обратна пропорциональна температуре.

В системе СИ единицей измерения кинематической вязкости является $\text{м}^2/\text{с}$. В системе СГС эта вязкость измеряется в **стоксах См (St)**. При этом 1 Ст равен $1 \text{ м}^2/\text{с}$. На практике часто применяется в 100 раз меньшая единица – **сантисктокс (сСм, cSt)**. Единицей измерения динамической вязкости в системе СИ является **Па·с**, в системе СГС – **пуаз (П)**. При этом $1 \text{ Па} \cdot \text{с} = 10 \text{ П}$.

Вязкость масла изменяется с температурой. При температуре ниже 35°C вязкость турбинных масел резко возрастает. Причиной этого является появление в нем крупных структурных единиц – агломератов, увеличи-

вающих трение между частицами и слоями. С понижением температуры масло постепенно загустевает, его подвижность снижается, а вязкость растет. Температурой застывания масла называется такая температура, при которой охлажденное в пробирке масло загустевает настолько, что при наклоне пробирки на 45° уровень масла в ней остается неподвижным в течение 1 мин.

Вязкость масел возрастает с повышением давления. Во время эксплуатации вязкость масла изменяется из-за окисления, загрязнения, зашламливания, обводнения и аэрации. Растворенные продукты старения масла, как правило, обладают большей вязкостью. Частично вязкость масла увеличивается за счет испарения летучих фракций. Вода, растворенная в масле, практически не влияет на его вязкость. Воздух и другие газы, растворенные в масле, несколько снижают его вязкость.

Увеличение вязкости масел нежелательно, т. к. вызывает повышение нагрузки на насосы и ухудшение передачи теплоты от трущихся деталей подшипников. Вязкость влияет на несущую способность масляного слоя в подшипниках, от нее зависят потери мощности на трение в насосах, опорах скольжения. Также вязкость определяет утечку масла через уплотнения, пропускную способность маслопроводов и дроссельных элементов, скорость отстоя масла от примесей в баке и др.

Кислотное число и реакция водной вытяжки. Кислотное число турбинных масел, не содержащих присадок, обусловлено в первую очередь присутствием в них карбоновых кислот. Оно выражается в миллиграммах КОН, необходимых для нейтрализации кислот в 1 г масла ($mg_{кон}/g$). Карбоновые кислоты содержатся в масле в том случае, если очистка последнего произведена некачественно или если из-за неудовлетворительности его противоокислительной стабильности в нем преждевременно начался процесс старения. Кислотное число является одним из самых важных показателей как для свежих, так и для эксплуатационных масел.

Реакция водной вытяжки из масел определяется присутствием низкомолекулярных кислот. Так как низкомолекулярные кислоты являются наиболее коррозионно-активными, определению этого показателя уделяют особое внимание.

Кислотные числа турбинных масел, содержащих присадки, в том числе противокоррозионные или противоизносные, обычно значительно выше, чем масел без присадок. Это обстоятельство связано с присутствием в присадках кислых групп.

Растворимость газов в масле. При работе турбины масло перемешивается с газами: атмосферным воздухом, водородом, газообразными продуктами окисления. Наибольший контакт образуется между маслом и воздухом, поскольку масляные системы паровых турбин не герметизированы. Часть воздуха растворяется в масле, другая часть образует механическую смесь. При нормальной температуре и давлении турбинное масло может

содержать растворенный воздух в количестве до 8...12 % своего объема. С увеличением давления растворимость газов, в том числе воздуха, в масле увеличивается. При растворении воздуха в масле соотношение между входящими в состав воздуха газами изменяется. Так, при нормальной температуре атмосферный воздух содержит азота и кислорода соответственно 78 и 21 объемных долей. В масле же растворяется азота 68, а кислорода – 32 объемных долей. При снижении давления выделяющийся из раствора воздух будет содержать кислорода примерно на 40...50 % больше, чем он содержится в атмосферном воздухе. Вследствие этого значительно повышается взрывоопасность таких масляных паров. С повышением температуры растворимости воздуха и его компонентов (азота, кислорода) изменяются по сложным зависимостям. При нагреве герметизированного объема масла концентрация растворенного кислорода при температуре 115...150°С резко уменьшается и при охлаждении не восстанавливается, что указывает на протекание бурной реакции окисления.

Деаэрируемость масла. Скорость выделения воздуха замедляют антипенные присадки. Огнестойкие масла хуже, чем нефтяные, освобождаются от пузырьков воздуха. Весьма заметно ухудшается деаэрируемость масла с увеличением его кислотности. Обводненное масло, еще не успевшее окислиться, деаэрируется так же хорошо, как и свежее, а в отдельных случаях деаэрированность обводненного масла даже повышается. Однако по мере старения масла вредное влияние воды на деаэрируемость резко возрастает, что уже не проходит незамеченным при эксплуатации.

Некоторые частицы шлама прочно прилипают к воздушным пузырькам и вместо свободного осаждения, наоборот, выносятся в пенный слой. С течением времени пена разрушается, а грязевые частицы снова опускаются вниз до очередной встречи с пузырьками воздуха.

Зольность. Зольность турбинных масел, не содержащих антипенных и противоизносных присадок обусловлена их загрязнениями и недостаточной очисткой от солей щелочных и щелочноземельных металлов, а также железа. Недостаточное удаление примесей, приводящих к повышению зольности, отрицательно сказывается на качестве и сроке службы масел, резко ухудшая их деэмульсирующие и деаэрирующие свойства.

Гигроскопичность масла. Масло способно поглощать воду и водяные пары из окружающей среды. Гигроскопичность турбинного масла незначительна, но она оказывает большое каталитическое воздействие на процессы старения масла.

Нагрев масла при неизменных температурах и влажности окружающего воздуха сопровождается осушкой масла. Наоборот, при охлаждении масла часть ранее растворенной воды выделяется в виде мелких капель, образуя эмульсию «вода в масле». Наличие в масле продуктов окисления и кислот ведет к повышению гигроскопичности масла. Поэтому масло, не-

достаточно очищенное или сильно окисленное в процессе эксплуатации, труднее поддается обезвоживанию.

Содержание воды в турбинном масле отрицательно сказывается как на сроке его службы, так и на других его эксплуатационных свойствах. Вода вызывает преждевременное старение масел с образованием в основном низкомолекулярных кислот водорастворимых кислот. Последние являются весьма коррозионно-активными и со своей стороны способствуют как преждевременному и быстро распространяющемуся явлению коррозии, так и усиленному расходованию противокоррозионной и деэмульсирующей присадок, если они содержатся в масле.

Деэмульсирующие свойства приобретают особое значение в связи с тем, что если в масло попадает вода, то от скорости и полноты ее отделения зависит надежность работы оборудования. Задерживаясь в масле, вода вызывает коррозию системы смазки, ее составляющих. Попадание воды в масло – распространенное явление при эксплуатации масляных систем. Крупные включения воды опускаются на дно маслобака, откуда могут быть удалены. Однако в ряде случаев турбинные масла при обводнении образуют стойкие эмульсии, нежелательные по следующим причинам:

- повышенная вязкость эмульсии может ухудшить условия течения масла по трубопроводам;
- спровоцировать вибрацию валов смазываемых механизмов;
- создать отклонения от расчетных режимов гидродинамической смазки подшипников;
- масло перестает быть однородным, ухудшаются его смазочные свойства;
- вода усугубляет окисление масла, ржавление смазываемых деталей;
- эрозионный износ и окисление баббита.

Для систем, работающих на обводненном масле, характерны частые доливки свежего масла. Периодический слив отстоявшейся в баке воды всегда сопровождается потерями той части эмульгированного масла, которая собирается на границе раздела между водой и маслом.

Эмульсия не является стабильной системой. Однако время, необходимое для разделения фаз эмульсии, может различаться очень сильно: в пределах от нескольких секунд до многих часов (и даже суток). Образованию эмульсии, сохранению ее устойчивости к разрушению способствуют механические примеси и различные загрязнители. Вода легко обнаруживается в светлом турбинном масле, которое мутнеет от воды при нормальной температуре.

Старение масла. В процессе эксплуатации маслосистем масло постепенно претерпевает глубокое изменение, которое обычно характеризуется понятием «старение», включающим изменения его химических и физических свойств. Химическую основу турбинных масел составляют углеводороды. Старение масла происходит в результате контакта углеводородов с

кислородом воздуха, стимулируется каталитическим действием воды и металлов и быстро прогрессирует с повышением температуры.

В результате окисления масла повышается его плотность и вязкость, ухудшается деэмульгирующая способность, образуются растворимые в масле и летучие кислые продукты, обуславливающие коррозионную агрессивность масла; плотные продукты окисления выпадают в осадок; появление смол приводит к потемнению масла.

Известно, что во всех случаях, когда в масле отсутствуют кислород и вода, никаких окислительных реакций не происходит. На окислительные процессы в большой степени влияет скорость диффузии кислорода. Распыливание, разбрызгивание, вспенивание масла создают условия для интенсивного растворения кислорода вплоть до получения равновесной концентрации (около 4 % объемных долей для нефтяного турбинного масла), при которой старение протекает с максимальной скоростью.

Окисление масла, хотя и замедленное, происходит при комнатной температуре и даже при температуре ниже 0 °С. При высоких температурах способность масла к окислению настолько велика, что достаточно следов кислорода, чтобы началось интенсивное образование продуктов окисления. Установлено, что повышение температуры на каждые 10 °С сверх 110 °С ускоряет реакцию окисления приблизительно в два раза, а повышение температуры от 220 до 275 °С увеличивает скорость реакции в 42 раза.

Продукты окисления могут сами по себе служить катализаторами старения масла. Из опыта эксплуатации известно, что добавление свежего масла к окисленному и зашламленному не приостанавливает, а, наоборот, вызывает усиленное окисление полученной смеси.

Противоокислительная стабильность турбинных масел. Способность масла противостоять окислительному воздействию кислорода воздуха при повышенной температуре называется его *стабильностью*.

В турбинных маслах, представляющих собой сложные смеси углеводородов, при эксплуатации происходит процесс старения. Последний интенсифицируется условиями работы, так как масла в подшипниках перемешиваются с воздухом и нагреваются. Присутствие черных и цветных металлов также способствует реакции окисления. Растворимые в масле соединения меди вызывают значительное ускорение процесса окисления. Такое же ускорение реакции вызывается повышением температуры эксплуатации. Если масло нагревается в подшипниках на 10 °С выше обычного, скорость окисления увеличивается вдвое.

Механические примеси в турбинных маслах вредно воздействуют на работу энергетического оборудования. Попадание твердых абразивных частиц вызывает перегревы баббита вкладышей подшипников и даже в некоторых случаях выплавление его из-за повышения температуры сверх допустимой нормы.

Посторонние примеси в масле. Под общим понятием посторонних примесей имеют в виду нежелательные продукты, снижающие эксплуатационные свойства масла. Механическими примесями считают все нерастворенные вещества, находящиеся в масле в виде *загрязнений* или *осадков*, которые могут быть задержаны при фильтровании:

Загрязнениями называют посторонние вещества, которые тем или иным путем попали в масло и не вступили с ним в химическое соединение (пыль, волокна тряпок и др.).

Осадками называют нерастворенные продукты распада или старения масла, а также продукты реакции оксидов металлов с органическими кислотами.

Различные механические примеси (осадки и загрязнения) всегда перемешаны между собой и представляют обычную липкую массу, обогащенную оксидами железа, мылами, смолами. Такая смесь называется *шламом*. Многие компоненты шлама растворимы в горячем масле, но выпадают в осадок при охлаждении. Наблюдаются случаи, когда горячее и внешне совершенно прозрачное масло при циркуляции через маслоохладители оставляет на холодных стенках трубок обильный шлам, бывший до этого в растворенном состоянии.

На различной растворимости части шлама в горячем и холодном масле основан и способ его выявления: отбирается проба масла из работающей маслосистемы и постепенно охлаждается до 12...15 °С. Помутнение масла будет свидетельствовать и о наличии в нем растворимого шлама. Такое масло считается ненадежным, и его следует сменить при первой же возможности. С увеличением концентрации механических примесей в масле возрастают силы трения, ускоряются процессы окисления и разложения масла, повышается коррозионно-механическое изнашивание поверхностей трения.

Специфическим загрязнителем масла является сера. Активной (свободной) серы в масле обычно не бывает. Сернистые соединения в зависимости от их строения по-разному влияют на эксплуатационные свойства масел, но в некоторых случаях при старении масла образуются агрессивные кислоты, включая серную, вызывающую коррозию оборудования.

Прозрачность и цвет масла являются важнейшими характеристиками, по которым можно качественно судить о содержании посторонних примесей. Свежие турбинные масла обычно светлого цвета с желтоватым оттенком. Несколько темнее цвет у сернистых масел. Характерна зеленая подцветка у гидроочищенных масел.

Эксплуатационное масло под влиянием смол, осадков и загрязнений темнеет, приобретает различные тона вплоть до темно-красного. Цвет масла с присадками зависит от типа присадок. Быстрое и сильное потемнение масла указывает на его быстрое изнашивание. Одним из показателей хорошей очистки масла является наличие флюоресценции (отсвечивания).

Радиационная стойкость масла. Облучение минерального масла вызывает изменение его химического состава, ускоряет процесс окисления и выделения газа, повышает вязкость, увеличивает испаряемость, снижает температуру вспышки паров масла, скачкообразно ухудшает смазывающие и охлаждающие свойства. Масло постепенно темнеет, приобретает красно-коричневый оттенок. При больших дозах облучения масло может превратиться в желеобразные и даже твердые продукты.

3. СИСТЕМА МАСЛОСНАБЖЕНИЯ РЕАКТОРНОГО ЦЕХА

3.1. Назначение и описание технологической схемы

Система маслоснабжения реакторного цеха (ТА) предназначена для выполнения следующих функций:

- заполнения маслобаков подпиточных агрегатов и ГЦН (TK91...93B01 и YD50,60B01;
- аварийного дренирования указанных баков при пожаре в помещении;
- планового дренирование оборудования для ремонта и сбора возможных протечек из этого оборудования;
- очистки масла от влаги и механических примесей в пределах РЦ;
- откачивания масла из РЦ на очистку;
- полной замена масла при необходимости

Система состоит из двух функциональных групп:

1. ТА10 – группа заполнения баков TK91...93B01 и YD50,60B01. Эта группа состоит из соответствующей арматуры и трубопроводов.

2. ТА20 – группа дренирования и перекачки. В состав группы входит следующее оборудование:

- бак аварийного слива масла из баков маслосистем подпиточных агрегатов и ГЦН ТА20B01.
- насосы откачивания бака аварийного слива масла ТА20D01,02;
- насос аварийного откачивания баков маслосистемы подпиточных агрегатов ТА20D03;
- бак сбора протечек из поддонов маслосистем подпиточных агрегатов ТА20B02;
- насос откачивания бака ТА20B02 в ТА20B01 – ТА20D04;
- маслоочистительные машины ТА30N01,02,03.

Система маслоснабжения РЦ является системой нормальной эксплуатации с обеспечивающими функциями, не влияющей на безопасность. Работоспособность системы на работу оборудования реакторного отделения влияет незначительно ввиду того, что выполняет вспомогательные, обеспечивающие функции для систем, имеющих собственный резерв.

Оборудование системы располагается в следующих помещениях:

- маслобак ТА20B01 – в помещении А113 на отметка 0,0 м;
- насосы ТА20D01,02 – в помещении А113 на отметке 0,0 м;
- маслобак ТА20B02 – в помещении А020 на отметке -4,2м;
- насосы ТА20D03,04 – в помещении А020 на отметке -4,2 м.

Технологическая схема системы ТА представлена на рис. 3.1.

3.2. Основное оборудование системы

Бак аварийного слива масла TA20B01 (рис. 3.2) предназначен для приема аварийного слива масла из маслосистем ТК и YD в случае возникновения пожара. Также используется как накопительная емкость для компенсации протечек масла.

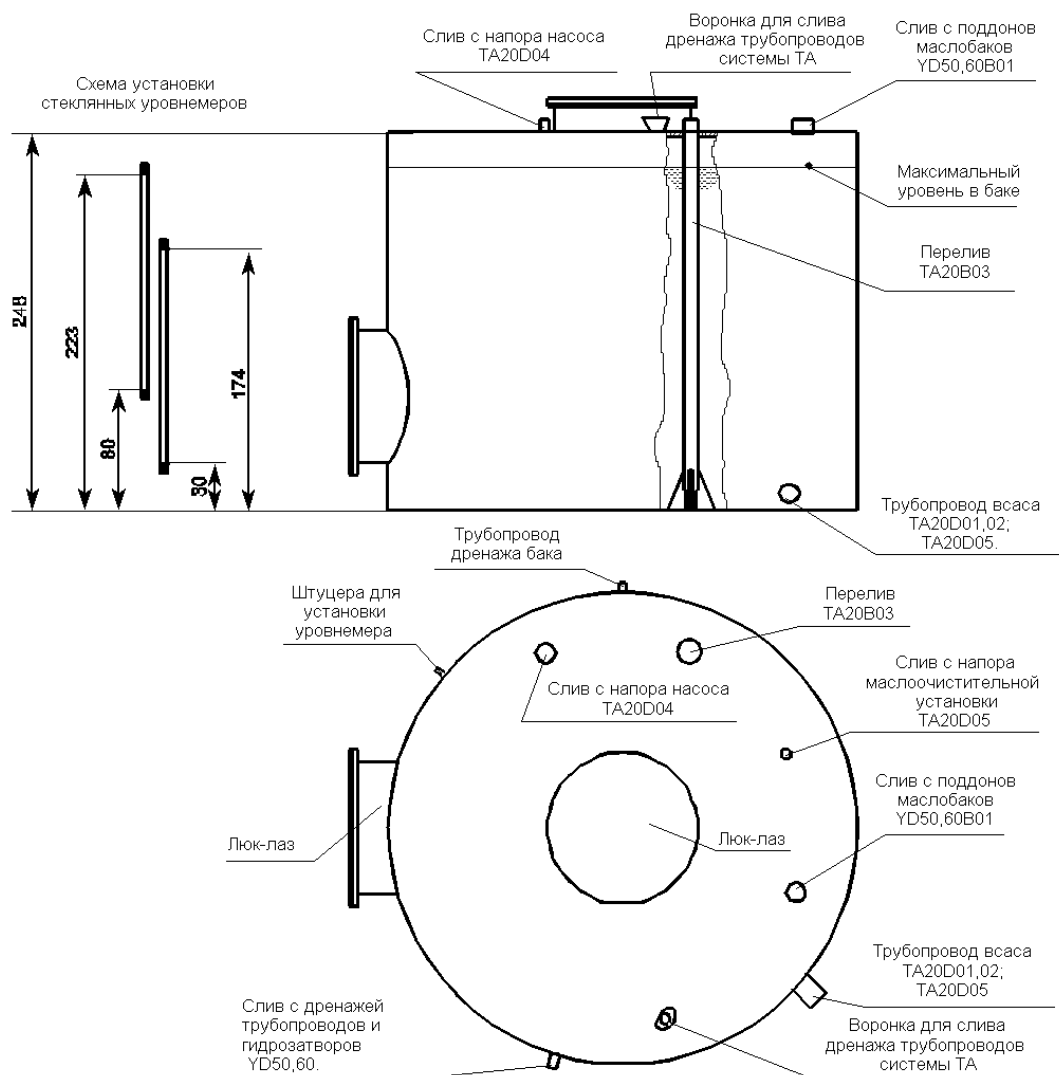


Рис. 3.2. Бак аварийного слива масла TA20B01

Т а б л и ц а 3.1

Основные характеристики бака аварийного слива масла

Характеристика	Величина
Материал	Ст.3
Рабочий объем	15 м ³
Давление	атмосферное

Бак сбора протечек масла ТА20В02 (рис. 3.3) предназначен для сбора протечек, поступающих самотеком из оборудования и поддонов системы ТК. При заполнении маслобак по мере необходимости перекачивается в ТА20В01 (в автоматическом либо ручном режиме).

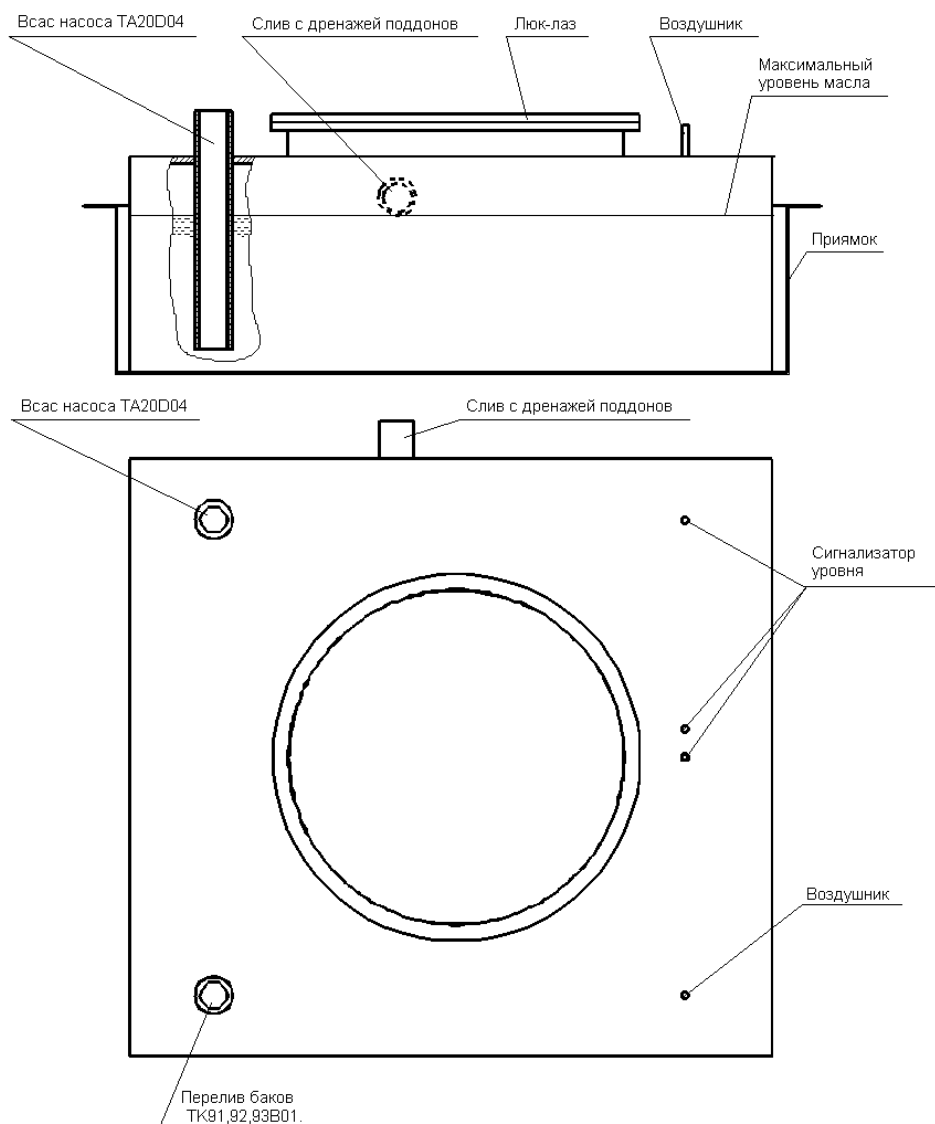


Рис. 3.3. Бак сбора протечек масла ТА20В02

Т а б л и ц а 3.2

Основные характеристики бака сбора протечек масла

Характеристика	Величина
Материал	Ст.3
Рабочий объем	0,784 м ³
Давление	атмосферное

Насосы TA20D01,02 предназначены для откачки бака аварийного слива масла TA20B01 в спецкорпус или на очистку (регенерацию).

Насос TA20D03 предназначен для откачки масла непосредственно из баков системы ТК90 при выводе ее в ремонт, либо при пожаре, минуя бак сбора протечек TA20B02.

Насос TA20D04 предназначен для откачки собранных протечек масла из бака TA20B02 в бак TA20B01.

Все насосы, применяемые в системе ТА – шестеренные, по принципу действия относятся к объемным насосам. Шестеренным называют зубчатый насос с рабочими органами в виде шестерен, обеспечивающих геометрическое замыкание рабочей камеры и перенос перекачиваемой среды из всасывающей камеры в нагнетательную.

Принцип действия таких насосов заключается в следующем (рис. 3.4). Насос состоит из двух широких цилиндрических зубчатых колес плотного сцепления, помещенных в плотно охватывающий их корпус с каналами для подвода и отвода жидкости. При вращении шестерен жидкость, заключенная во впадинах зубьев, переносится в камеру нагнетания (отмеченную точечной штриховкой), которая образована корпусом насоса и зубьями a_1 – b_1 – b_2 – a_2 . Зубья a_1 и a_2 при вращении шестерен вытесняют больше жидкости, чем может поместиться в пространстве, освобождаемом зубьями b_1 и b_2 , находящимися в зацеплении. Разность объемов, описываемых этими двумя парами зубьев, вытесняется в нагнетательную линию насоса.

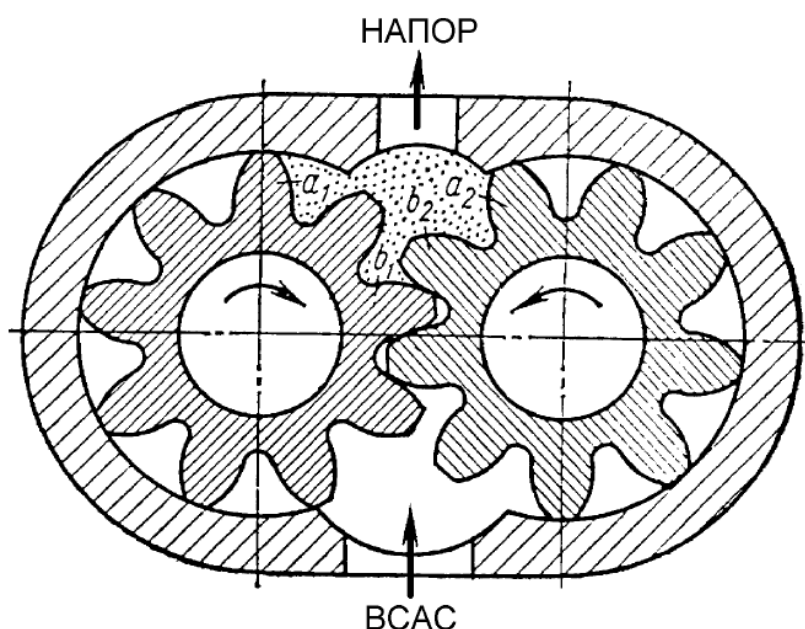


Рис. 3.4. Принцип действия шестеренного насоса

Шестеренный насос состоит из корпуса, ведущего и ведомого роторов, представляющих собой прямозубые шестерни, втулок подшипников

скольжения, узла уплотнения вала. Для уплотнения вала используется торцевое уплотнение.

Т а б л и ц а 3.3

Основные характеристики маслососов ТА20D01,02,04

Характеристика	Единица измерения	Величина
Подача (при вязкости 0,75 см ² /с)	м ³ /ч	5,8
Рабочее давление	кгс/см ²	2,5
Число оборотов	об/мин	1.450
КПД насоса	%	43
Потребляемая мощность	кВт	1,1
Допустимая вибрация	мм/с	2,81

Т а б л и ц а 3.4

Основные характеристики маслососа ТА20D03

Характеристика	Единица измерения	Величина
Подача (при вязкости 0,75 см ² /с)	м ³ /ч	8
Рабочее давление	кгс/см ²	4
Число оборотов	об/мин	980
Потребляемая мощность	кВт	5,5
Допустимая вибрация	мм/с	2,8

Поддоны под элементами маслосистем собирают возможные протечки масла из-за неплотности фланцевых соединений арматуры и оборудования, протечек торцевых уплотнений маслососов, поступлений при продувке прободоотборных линий при взятии масла на химический контроль, слива масла из переносных поддонов оперативным персоналом, а также при дренировании элементов маслосистем для производства ремонтных работ. Масло из поддонов стекает в ТА20B01 или ТА20B02 по трубопроводам.

Маслоочистительная машина ТА30N01,02,03 используется для очистки масла от воды и механических примесей.

Основными элементами установки (рис. 3.5) являются: центробежный сепаратор, нагнетающий и откачивающий масляные насосы, электроподогреватель с вакуум-баком, вакуумный насос, фильтр-пресс, фильтр грубой очистки, шкаф управления, кран четырехходовой, рама, трубопроводы.

Центробежный сепаратор – основная часть установки, в котором производятся процессы кларификации или пурификации масла, в зависимости от способа сборки сепаратора. В чугунной станине сепаратора смонтирована винтовая пара, состоящая из вертикального вала и винтового колеса и получающая вращение от электродвигателя через фланцевую муфту. Вращение вала по часовой стрелке, если смотреть со стороны электродвигателя. Осяевые усилия от вертикального вала и барабана воспринимает нижняя опора, состоящая из радиально-сферического подшипника и упорного сферического подшипника.

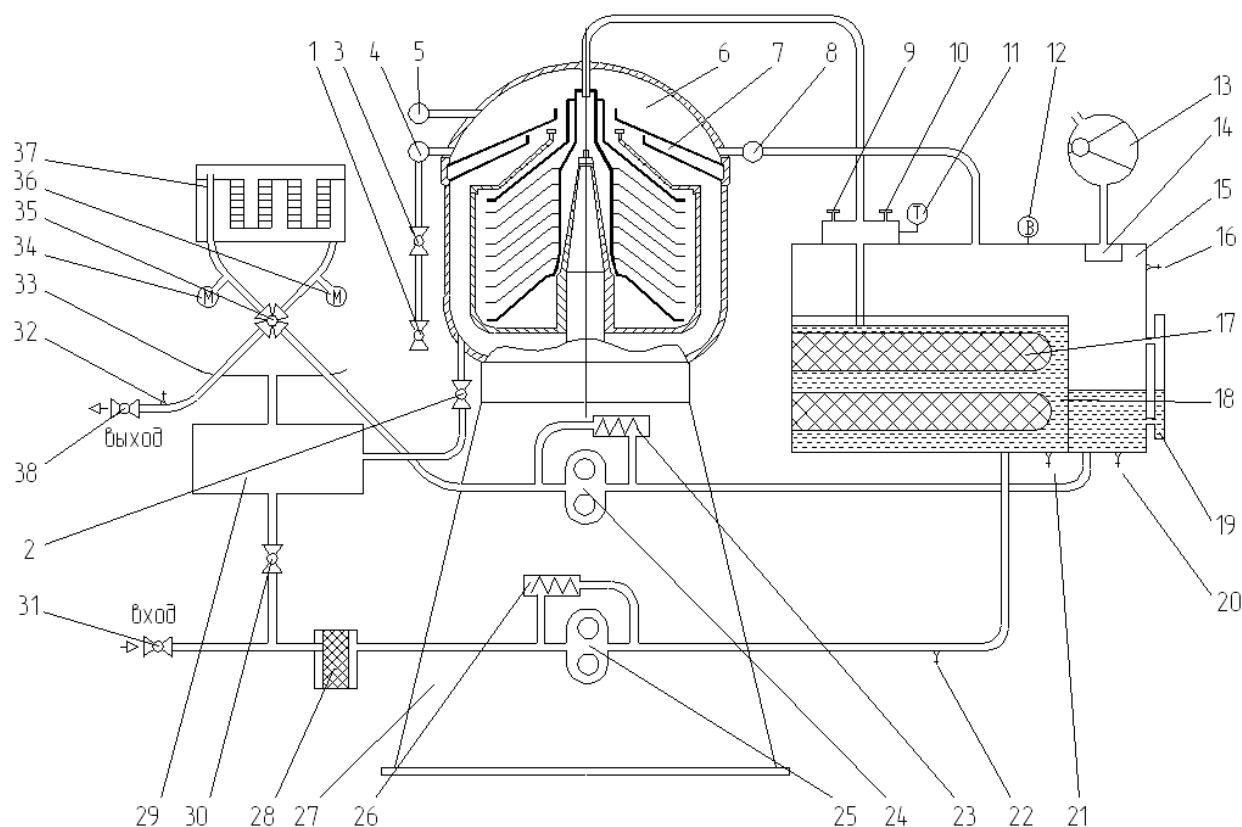


Рис. 3.5. Маслоочистительная машина:

- 1, 2, 3, 30 – вентили; 4 – указатель отсепарированной воды; 5 – смотровое окно переполнения; 6 – камера чистого масла; 7 – камера отсепарированной воды; 8 – указатель чистого масла; 9, 10 – реле температурное; 11 – термометр дистанционный; 12 – вакуумметр; 13 – насос вакуумный; 14 – ловушка; 15 – вакуумный бак; 16, 22 – кран пробно-спускной; 17 – блок нагревательный трубчатый; 18 – электроподогреватель; 19 – уровнемер; 20, 21 – кран концевой; 3 – клапан редукционный; 24 – насос масляный; 25 – насос масляный; 26 – клапан редукционный; 27 – сепаратор; 28 – фильтр грубой очистки; 29 – бак дренажный; 31 – кран входной; 32 – кран пробно-спускной; 33 – поддон; 34 – манометр; 35 – кран четырехходовой; 36 – манометр; 37 – фильтр-пресс; 38 – кран выходной

Сдвоенный маслонасос предназначен для подачи масла на сепаратор и отвода чистого масла, который приводится в действие от горизонтального вала сепаратора. Обе стороны шестеренчатого маслонасоса имеют редукционные клапаны, предназначенные для ограничения давления в линиях нагнетания.

Электроподогреватель с вакуумным баком представляет собой сосуд со встроенным электронагревателем. Вакуумный бак предназначен для осушки масла путем вакуумирования. Для ускорения осушки или сепарации масло подогревается. Температура подогрева регулируется автоматически с помощью температурных реле. Цепь управления электроподогревателя сблокирована с цепью управления электродвигателем сепаратора так, что включить в работу подогреватель можно только после включения электродвигателя сепаратора, а, следовательно, и насоса, подающего масло в электродвигатель.

Вакуумный насос предназначен для создания разряжения в вакуумном баке при работе установки в режиме кларификации. При этом находящаяся в масле влага под действием разряжения испаряется. Пары воды отсасываются вакуумным насосом, а обезвоженное масло поступает в емкость чистого масла.

Фильтр-пресс представляет вертикальный цилиндрический сосуд, разделенный внутри перегородкой на две полости: нижняя полость грязного масла и верхнюю – чистого. Фильтрующие элементы представляет собой пакет бумажных колец, набранных на шестигранном стержне и предназначены для очистки масла от механических примесей, не отделившихся в сепараторе.

Фильтр грубой очистки предназначен для очистки масла от крупнодисперсных примесей.

Шкаф управления представляет собой металлический ящик, на переднюю стенку которого смонтированы:

- кнопочный пост управлением двигателем сепаратора;
- выключатель электродвигателя;
- кнопочный пост управлением двигателем вакуумным насосом;
- сигнальная лампа;
- вакуумметр, показывающий разряжение в вакуум-баке;
- термометр, показывающий температуру масла на выходе из электронагревателя;
- амперметр, показывающий разгон сепаратора при включении двигателя.

Во время работы масло постоянно подвергается нагреванию и последующему за ним охлаждению, возможному обводнению, а также непрерывному перемешиванию с воздухом. Т. к. маслобаки системы находятся под некоторым разрежением, в него из окружающей среды попадают пыль и грязь, образующие вместе с продуктами старения масла механические

примеси. Существует взаимосвязь между аэрацией, обводнением, загрязнением и окислением масла, обусловленная кондицией самого масла. Нестабильное к окислению масло быстро «стареет», теряет деэмульгирующие свойства, более склонно к вспениванию, содержит много шлама. Интенсивно вспененное масло не успевает освободиться от пузырьков воздуха в баке, и к насосу поступает масловоздушная смесь. При сжатии воздуха в насосе резко повышается температура пузырьков. Выделившееся тепло, несмотря на ничтожно малую величину и кратковременность воздействия, существенно катализирует окисление масла. Пройдя насос, сжатые пузырьки постепенно растворяются, а содержащиеся в воздухе примеси (пыль, зола, водяной пар) переходят в масло, загрязняя и обводняя его. Все это приводит к дальнейшему ухудшению качества масла, снижению надежности и экономичности элементов масляной системы.

Продукты окисления масла – высокомолекулярные и низкомолекулярные кислоты (особенно последние) – вызывают коррозию металлов, из которых изготовлены трубопроводы и другие элементы маслосистемы. Растворяя цветные металлы сеток фильтра маслобака (YD50,60B01), водорастворимые кислоты образуют соли, а их появление провоцирует ускоренное старение масла, катализирует процессы окислительной полимеризации. В результате происходит выпадение большого количества шлама, осаждающегося на поверхности трубок маслоохладителя и затрудняющего отдачу тепла от масла, что приводит к перегреву масла и повышению температуры подшипников. Возникшие в процессе старения поверхностно-активные вещества, вызывают ухудшение деэмульгирующих свойств масел, что затрудняет выделение воды, и может вызвать коррозию системы и оборудования. Эти же продукты способствуют также ухудшению деаэрирующей способности турбинных масел.

В связи с этим удаление механических примесей, воды и продуктов старения облегчает условия работы масла, способствуя увеличению срока его службы и повышению надежности энергетического оборудования.

Процесс очистки масла происходит следующим образом. Грязное масло через входной вентиль и фильтр грубой очистки из емкости засасывается маслососом в емкости грязного масла и подается в электронагреватель. Подогретое масло до заданной температуры поступает в барабан сепаратор, где происходит отделение воды и механических примесей от масла. Очищенное масло через камеру чистого масла сливается в вакуумбак. Под действием разряжения при работе установки в режиме пурификации оставшаяся влага в масле испаряется и осушенное масло откачивается из бачка насосом и подается на фильтр-пресс или на выход из установки в зависимости от положения четырехходового крана. Отделившиеся в барабане сепаратора механические примеси откладываются в виде осадка на внутренней поверхности корпуса барабана.

Работа машины может осуществляться в следующих режимах:

- *кларификации под атмосферным давлением* – для очистки преимущественно только от механических примесей (очистка методом кларификации – осветление без непрерывного отвода примеси);

- *кларификации под вакуумом* – для очистки масла от механических примесей с одновременной его сушкой (очистка методом сушки);

- *пурификации* – для очистки масла при непрерывном отводе примесей (преимущественно от воды). При очистке масла методом пурификации, как преимущественном методе очистки его от воды, происходит также частичная очистка от механических примесей;

Т а б л и ц а 3.5

Основные характеристики маслоочистительной машины

Наименование	Единицы измерения	Величина
Производительность при очистке: - методом кларификации - методом пурификации	м ³ /ч	4 3
Содержание после первого цикла: - механических примесей при кларификации - влаги при пурификации	%	менее 0,005 менее 0,05
Частота вращения барабана	об/мин	6600
Вакуумметрическая высота всасывания	м	2,5
Номинальная мощность: - сепаратора - электронагревателя - вакуумного насоса	кВт	5,5 57,6 0,5

Вопрос о применении того или иного метода очистки решается в каждом отдельном случае в зависимости от характеристики и степени загрязнения:

- при значительном загрязнении масла механическими примесями и содержании в нем воды менее 0,5 % необходимо очищать методом кларификации под атмосферным давлением, не включая вакуумный насос;

- при незначительном загрязнении масла механическими примесями и содержании воды в нем не более 0,05 % – очищать методом кларификации под вакуумом (сушка). При вакуумировании масла происходит интенсивное его обезвоживание, эквивалентное четырехразовому центрифугированию;

- при содержании в масле воды более 0,5 % необходимо начинать очистку методом пурификации;

- при необходимости очистки масла и от воды, и от механических примесей сначала следует провести очистку методом пурификации, а затем – методом кларификации.

3.3. Работа системы

Принцип работы системы маслоснабжения РЦ заключается в периодической подаче, при необходимости, чистого масла в баки маслосистем ГЦН YD50,60B01 и маслосистем подпиточных насосов ТК91,92,93B01 из масло-дизельного хозяйства, либо участка очистки масла.

Во всех режимах работы все имеющие место протечки с маслосистем ТК90 поступают в ТА20B02, затем насосом ТА20D04 откачиваются в бак ТА20B01. Протечки с маслосистем ГЦН – самотеком напрямую в ТА20B01.

Нормальное состояние системы ТА – резерв с возможностью автоматического включения насоса ТА20D04 и готовностью остальных узлов и компонентов к выполнению своих функций. Ввиду пожароопасности помещения системы маслоснабжения РЦ должны быть закрыты на замок. Ключи должны находиться на рабочем месте оператора реакторного цеха

Эксплуатация в режиме ожидания заключается в контроле системы оператором периодических обходов. При осмотре контролируется:

- состояние трубопроводов, арматуры, их опор и подвесок;
- положение арматуры, наличие пломб на цепях на закрытой арматуре дренажей баков;
- наличие пломб на перепускных клапанах насосов;
- наличие и исправность контрольно-измерительных приборов;
- изменение уровней масла в маслобаках вследствие протечек или проводимых операций.
- наличие средств пожаротушения. При этом проверяется их комплектность, срок очередной проверки, наличие пломб;
- отсутствие протечек в поддоны и на электрооборудование из дренажей системы аварийного пожаротушения;
- закрытое положение трапных вентилях в помещениях маслосистем.

Неорганизованные протечки не допускаются, пролитое масло необходимо убрать немедленно. Протирка оборудования и поддонов от масла проводится ежемесячно.

При появлении необходимости на оборудовании системы также могут быть реализованы следующие эксплуатационные режимы:

- заполнение маслосистем ТК90, YD50,60;
- сбор протечек масла;
- удаление отработанного масла;
- замена масла в маслосистемах ТК90;
- замена масла в маслосистемах YD50,60;

- опробование оборудования с проверкой блокировок;
- вывод оборудования в ремонт и ввод из ремонта.

Эти режимы являются основными для системы и характерны в наибольшей степени для периодов ремонта энергоблока. Также они возникают в случае отклонения качества масла в системах ТК90, YD50,60 от установленных норм.

С точки зрения ликвидации возгорания в помещениях маслосистем подпиточных насосов и маслосистем ГЦН значение системы ТА очень важно, поскольку при этом во избежание образования большого пожара масло из соответствующего маслобака должно быть сдренировано в ТА20B01. В маслосистемах ГЦН для реализации этого имеется по одному дренажу с электроприводной арматурой ТА20S04,05 из баков YD50,60B01. В случае пожара после открытия указанной арматуры масло самотеком сливается в бак ТА20B01.

В маслосистемах подпиточных насосов для реализации этого имеется по одному дренажу (он же всас насоса ТА20D03) с электроприводной арматурой ТА20S01,02,03 из баков ТК91,92,93B01. В случае пожара после открытия указанной арматуры из-за более высокой геодезической точки расположения бака ТА20B01 для слива масла используется насос ТА20D03. Если вышеуказанная арматура не открылась по какой-то причине, то можно использовать ручные байпасы ТК91,92,93S15 этой арматуры.

При эксплуатации системы не допускаются проливы масла в спецканализацию РЦ. Трапы в помещениях маслосистем реакторного цеха в обязательном порядке должны быть закрыты, и должен проводиться ежесменный контроль их состояния. Обнаруженные протечки масла или водомасляной смеси должны немедленно убираться. Открытие трапов для удаления из них накопленных протечек запрещается.

Ввиду применения горючих масел, и, следовательно, повышенной пожароопасности помещения системы защищаются автоматически срабатывающими установками пожаротушения, а также комплектуются первичными средствами пожаротушения.

4. СИСТЕМА МАСЛОСНАБЖЕНИЯ ГЦН

4.1. Назначение и описание технологической схемы

Система маслоснабжения ГЦН (YD50,60) предназначена для приема, хранения и подачи очищенного масла для смазки и охлаждения следующих элементов главных циркуляционных насосов:

- главного упорного подшипника ГЦН;
- верхнего подшипника электродвигателя ГЦН;
- нижнего подшипника электродвигателя ГЦН;
- подпятника электродвигателя ГЦН.

Система YD50,60 является системой нормальной эксплуатации, не влияющей на безопасность. Однако, аварийные ситуации на системе, связанные с прекращением циркуляции масла в ней, могут повлиять как на выработку мощности, так и на безопасность энергоблока: в случае прекращения циркуляции масла на одной подсистеме (YD50 или YD60) отключаются два ГЦН, а на обеих подсистемах – все четыре ГЦН, что ухудшает охлаждение активной зоны реактора.

Система обеспечивает расход масла на каждый ГЦН $26,5 \dots 28,5 \text{ м}^3/\text{ч}$, в том числе на электродвигатель ГЦН $5 \dots 8 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Маслосистема ГЦН (рис. 4.1) состоит из двух независимых функциональных групп:

1. Функциональная группа YD50 предназначена для маслоснабжения ГЦН-1,3;
2. Функциональная группа YD60 предназначена для маслоснабжения ГЦН-2,4.

Каждая функциональная группа включает в себя следующие элементы:

- три маслососа YD51,52,53D01 (YD61,62,63D01);
- три маслофильтра YD51,52,53N01 (YD61,62,63N01);
- два маслоохладителя YD71,72W01 (YD81,82W01);
- маслобак YD50(60)B01;
- бак аварийного приема масла YD50(60)B02.

Каждая функциональная группа представляет собой замкнутый контур циркуляции масла с линией рециркуляции. Линия рециркуляции имеет пропускную способность, равную расходу масла на один ГЦН и открывается по блокировке в случае отключения одного из ГЦН по маслу. Перед другим ГЦН давление масла остается неизменным. Расход через линию рециркуляции регулируется путем подбора дроссельной шайбы при наладке маслосистемы.

Из трех насосов, входящих в состав каждой функциональной группы, один находится в работе и два – в резерве, что существенно увеличивает надежность подачи масла к потребителям.

На сливных трубопроводах масла из баков аварийных протечек масла YD50,60B02 смонтирован гидрозатвор, состоящий из трех частей, общей высотой 704 см, препятствующий выходу среды из-под оболочки в случае повышения давления в ГО не более 0,7 кгс/см². На трубопроводах подачи масла на электродвигатели ГЦН установлены обратные клапаны YD10-40S07, предотвращающие обратный слив масла из маслобака электродвигателя при прекращении подачи масла на ГЦН.

Маслосистема ГЦН спроектирована так, что при опасности возникновения пожара (большая утечка масла и попадание его на горячие участки трубопроводов первого контура) имеется возможность прекратить подачу масла на любой ГЦН путем закрытия пневмоарматуры. При этом другой ГЦН, получающий масло от этой подсистемы, остается в работе. В такой ситуации открывается арматура на линии рециркуляции подсистемы и часть масла возвращается обратно в бак, тем самым исключается возможность избыточной подачи масла на работающий ГЦН. Для исключения возможности пожара при аварии с закрытием локализирующей арматуры или при ложном закрытии локализирующей арматуры на сливных маслопроводах маслосистемы предусмотрен бак аварийного слива масла, расположенный в гермооболочке, в который сливается масло с ГЦН и со сливных трубопроводов.

Таким образом, важной особенностью пневмоотсечной «пожарной» арматуры системы является то, что ее открытие производится под действием пружины, а закрытие – сжатым воздухом. При потере подачи сжатого воздуха в открытом положении эти арматуры остаются открытыми.

Оборудование маслосистемы ГЦН расположено в обстройке РЦ так, что оборудование каждого из двух каналов маслосистемы размещено в отдельных огнестойких изолированных друг от друга помещениях.

Каждая функциональная группа системы подает масло на два ГЦН, расположенные противоположно относительно корпуса реактора. Такая схема маслообеспечения позволяет при отключении двух противоположных ГЦН, получающих масло от одной функциональной группы, ограничиться снижением мощности реактора до 50 % от номинальной, в то время как в случае отключения смежных ГЦН мощность реактора снижается действием защит до уровня 40 % от номинальной.

Масло насосами функциональной группы подается в ГО, где масляный поток трубопроводами разделяется на две части и через пневмоарматуру YD10,30(20,40)S04,06 и обратный клапан поступает на ГЦН, где часть масла по двум трубопроводам поступает в верхнюю и нижнюю камеры ГУП, а другая часть по трубопроводам обвязки двигателя через обратный клапан поступает в маслобак электродвигателя и далее – на смазку подпятника и подшипников.

После выполнения своих функций масло по сливным трубопроводам с ГУП и обвязки электродвигателя, объединяясь в один трубопровод, посту-

пает маслобаки YD50(60)B02. Далее, через локализирующую арматуру YD50(60)S07,08,09 и через гидрозатвор масло поступает в маслобак YD50(60)B01, где проходит грубую очистку на сетчатых успокоителях. Маслобаки YD50,60B01 имеют переливы в маслобак ТА20B01.

Каждый маслonaсос имеет линию рециркуляции с арматурой YD51...53(61...63)S04 для обеспечения оптимального расхода работающего маслonaсоса, для чего настроенная пружина арматуры обеспечивает:

- начало открытия при давлении нагнетания маслonaсоса $6,5 \text{ кгс/см}^2$;
- полное открытие при давлении нагнетания маслonaсоса 9 кгс/см^2 ;
- начало закрытия при давлении нагнетания маслonaсоса $5,5 \text{ кгс/см}^2$;

Линия рециркуляции с арматурой YD50(60)S01 предназначена для компенсации расхода масла при закрытии пневмоарматуры YD10,30(20,40)S04,06 на один ГЦН данной маслосистемы, тем самым предотвращая отключение второго ГЦН.

Обратные клапаны YD51...53(61...63)S03 предназначены для исключения перетока по линии резервного маслonaсоса.

Нормально открытая пневмоарматура (открывается пружиной) YD10...40S04,06 предназначена для прекращения подачи масла на любой ГЦН при снижении давления масла в ГУП менее $0,6 \text{ кгс/см}^2$ (течь маслoпровода) и при повышении давления более $1,25 \text{ кгс/см}^2$ (перелив масла с поддона ГУП) – для предотвращения течи и возможного возгорания.

Пневмоарматура YD50(60)S04,05,06 и YD50(60)S07,08,09 установлена на маслoпроводах на участке обстройка – гермооболочка и предназначена для предотвращения выхода радиоактивных веществ за пределы ГО при авариях, связанных с течью теплоносителя 1-го контура и повышением давления в ГО.

Система YD50,60 связана со следующими системами РЦ:

- *главными циркуляционными насосами YD10,20,30,40D01* – система обеспечивает подачу смазочного к подшипниковым узлам насосов;

системой маслоснабжения реакторного цеха – для заполнения, осушения системы YD50,60, аварийного слива масла, слива протечек масла и отвода переливов маслобаков;

системами технической воды ответственных и неответственных потребителей– для охлаждения масла в маслoохладителях YD71,72(81,82)W01;

системой сжатого воздуха пневмоприводной арматуры – сжатый воздух подается к пневмоцилиндрам пневмоприводной арматуры для открытия (взвода) арматуры локализирующей группы (YD50,60S04,05,06,07,08,09) и для закрытия (посадки) отсечной («пожарной») арматуры – YD10,20,30,40S04,06.

4.2. Основное оборудование системы

Насосы YD51,52,53D01, YD61,62,63D01 (рис. 4.2) предназначены для перекачивания масла и подачи его на ГЦН.

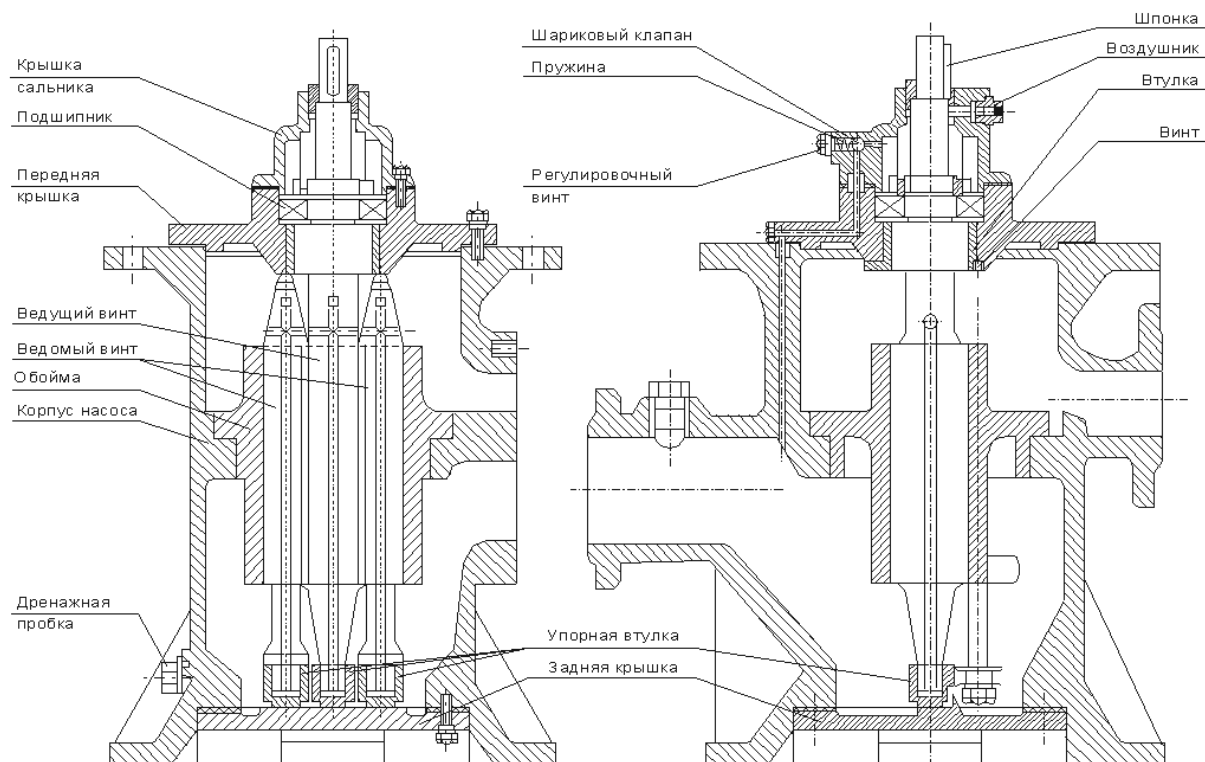


Рис. 4.2. Маслонасос ГЦН

Насос – объемный, представляет собой электронасосный агрегат, состоящий из трехвинтового насоса и электродвигателя.

Насос состоит из следующих основных деталей и сборочных единиц: рабочего механизма, корпуса с крышками, торцового уплотнения, предохранительного и шарикового клапанов.

Рабочий механизм состоит из трех винтов: одного ведущего и двух ведомых, симметрично расположенных относительно ведущего винта и служащих для его уплотнения. Профиль нарезки винтов специальный, обеспечивающий их взаимное сопряжение, нарезка двухзаходная, на ведущем винте – левая, на ведомых – правая. Винты заключены в обойму, которая представляет собой блок с тремя смежными цилиндрическими расточками. Обойма размещена в литом корпусе насоса. С торцов корпус закрывается передней и задней крышками.

При вращении винтов во всасывающей камере насоса создается разрежение, в результате чего перекачиваемое масло под давлением атмосферы поступает во впадины нарезки винтов, взаимно замыкающихся при их

вращении. Замкнутый в нарезке винтов объем масла перемещается в обойме прямолинейно без перемешивания и вытесняется в нагнетательную камеру.

Конструкция гидравлической части насоса предусматривает разгрузку винтов от осевых усилий. Разгрузка производится путем подвода рабочего давления через сверления в винтах под разгрузочные поршни, выполненные с винтами как одно целое. Остаточные осевые усилия на ведущем винте воспринимаются подшипником, а на ведомых – втулками. На выходе ведущего винта, в полости крышки сальника установлено торцовое уплотнение.

Торцовое уплотнение состоит из бронзового подпятника, резинового кольца, стальной пяты, имеющей ус, который заходит в паз упорной втулки, резинового уплотняющего кольца и пружины сальника. Упорная втулка зафиксирована на ведущем винте винтом, который дает возможность перемещаться ей только в осевом направлении. Для организованного отвода возможных протечек через торцовое уплотнение имеется втулка сгонная и штуцер.

К корпусу насоса присоединяется болтами предохранительный клапан, предохраняющий насос и систему трубопроводов от больших давлений, которые могут возникнуть при перекрытии отводящего трубопровода во время работы насоса. Максимальное время работы насоса при перекрытии отводящего трубопровода допускается не более двух минут. В верхней части предохранительного клапана имеется маховик регулировочного винта, позволяющий производить регулирование подачи насоса путем перепуска части масла из напорной полости насоса во всасывающую.

Возможна регулировка расхода насоса за счет перепуска масла.

Т а б л и ц а 4.1

Основные характеристики маслонасоса ГЦН

Характеристика	Единица измерения	Величина
Подача, не менее	м ³ /ч	80
Давление на выходе из насоса, не более	кгс/см ²	6
Давление полного перепуска, не более	кгс/см ²	9
Мощность насоса, не более	кВт	15,5
КПД не менее	%	65
Утечка через торцевые уплотнения, не более	л/ч	0,00025

Маслобаки YD50,60B01 имеют одинаковую конструкцию, и предназначены для приема и хранения масла, используемого маслосистемой ГЦН.

Маслобак (рис. 4.3) представляет собой прямоугольную емкость со штуцерами и патрубками предназначенными для приварки трубопроводов обвязки бака и установки КИП. Внутри маслобак имеет сетчатые успокоители, делящие маслобак на чистый и грязный отсеки и являющиеся фильтрами грубой очистки масла. Размер ячейки сетки – 0,7 мм.

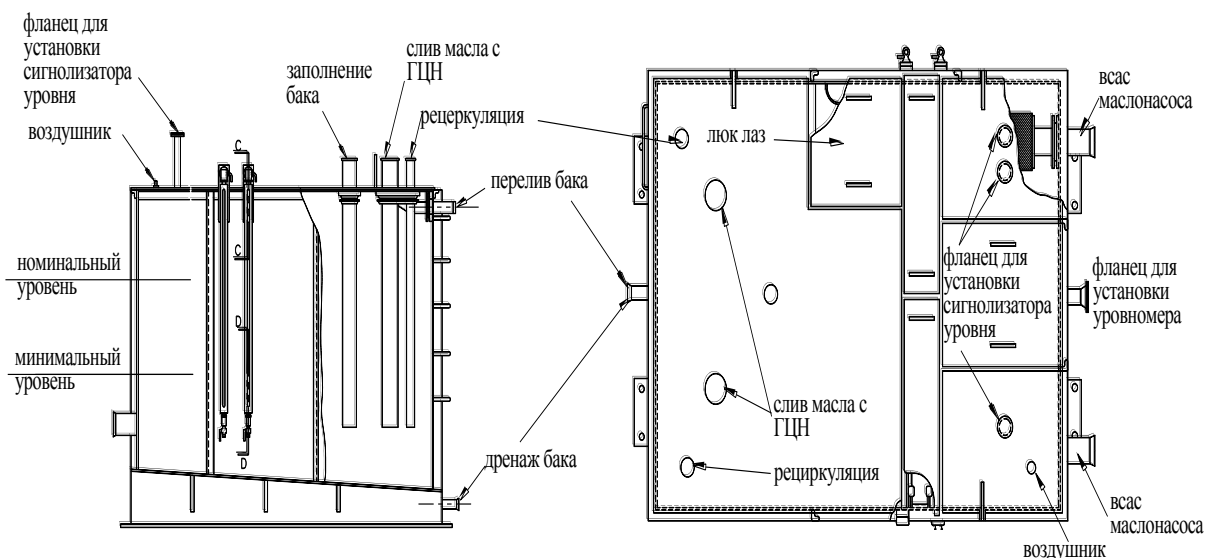


Рис. 4.3. Маслобак ГЦН YD50(60)B01

Т а б л и ц а 4.2

Основные характеристики маслобака ГЦН YD50(60)B01

Характеристика	Единица измерения	Величина
Объем бака	м ³	12
Высота бака	мм	1850
Уровень масла до нижней образующей перелива бака	мм	1790
Уровень масла, не менее	м	0,4
Максимальный допустимый перепад уровней на сетках	м	0,15
Давление в баке	атмосферное	

Бак имеет наклонное днище, которое позволяет собираться осаждающимся из масла взвесям (твердым механическим примесям) в нижней точке бака, находящейся со стороны дренажа бака. С противоположной стороны бака находится «чистый отсек» из которого производится забор мас-

ла на всас насосов системы. В верхней части бака имеются воздушники соединяющие внутренний объем бака с атмосферой помещения, для свободного выхода выделяющихся из масла газов. В верхней части каждого отсека имеются люки-лазы. На маслобаке установлены стеклянные указатели уровня в отсеках.

Маслобаки аварийного слива масла YD50,60B02 (рис. 4.4) имеют одинаковую конструкцию и служат в качестве промежуточной противопожарной емкости. Баки предназначены для приема и хранения масла, сливающегося с ГЦН в аварийных ситуациях при закрытии пневмоотсечной локализирующей арматуры YD50,60S07,08,09.

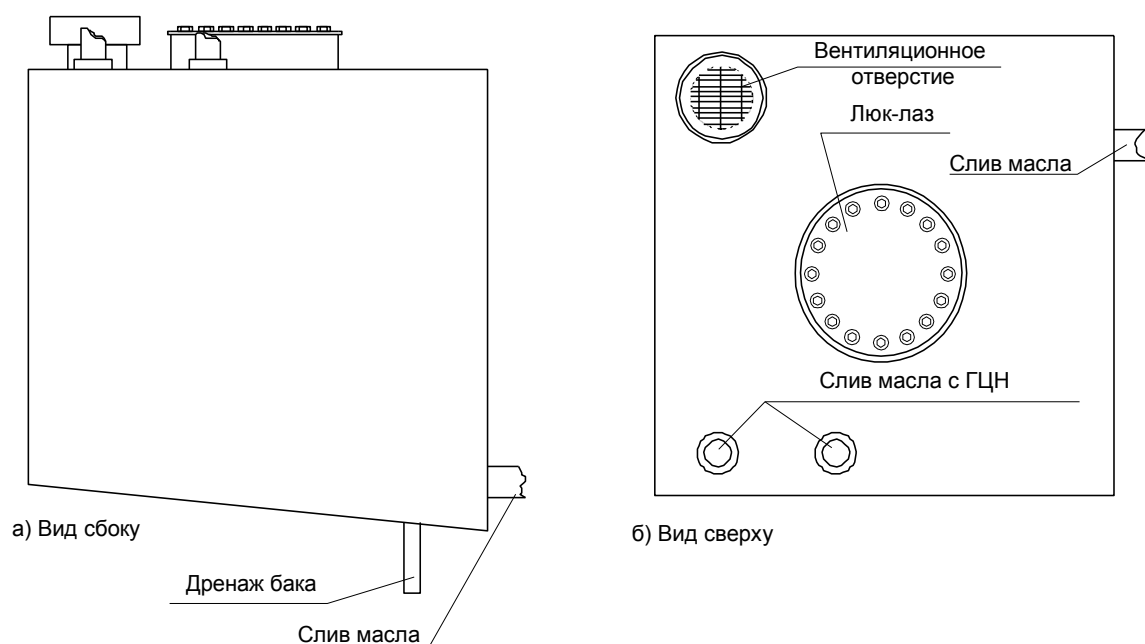


Рис. 5.8. Маслобаки ГЦН YD50,60B02

Т а б л и ц а 4.3

Основные характеристики маслобака ГЦН YD50(60)B02

Характеристика	Единица измерения	Величина
Объем бака	м ³	10
Высота бака	мм	1987
Высота уклона	мм	83
Длина бака	мм	2300
Ширина бака	мм	2200
Давление в баке	атмосферное	

Бак представляет собой прямоугольную емкость с патрубками для приварки трубопроводов обвязки бака. Бак имеет наклонное днище для полного слива масла с бака. В верхней части бака имеется воздушник, соединяющий внутренний объем бака с атмосферой помещения. Воздушники баков подключены к фильтру, очищающему от масла воздух, выходящий из бака. В верхней части маслобака имеется люк-лаз. Под баком установлен стационарный поддон с боковым штуцером для дренирования масла.

Маслофильтры YD51,52,53(61,62,63)N01 предназначены для тонкой очистки масла от механических примесей перед его подачей на ГЦН.

Маслофильтр (рис. 4.5) представляет собой сосуд, внутри которого установлены три щелевых патрона. Щелевые патроны собраны на стальном валу из стальных пластин и прокладок между ними. Очистка масла происходит за счет фильтрования масла в зазорах между пластинами. Масло подается в нижнюю часть фильтрующего патрона и проходит через него вверх. Далее масло попадает в верхнюю камеру и выходит через сбросной патрубок, имеющийся с обратной стороны фильтра.

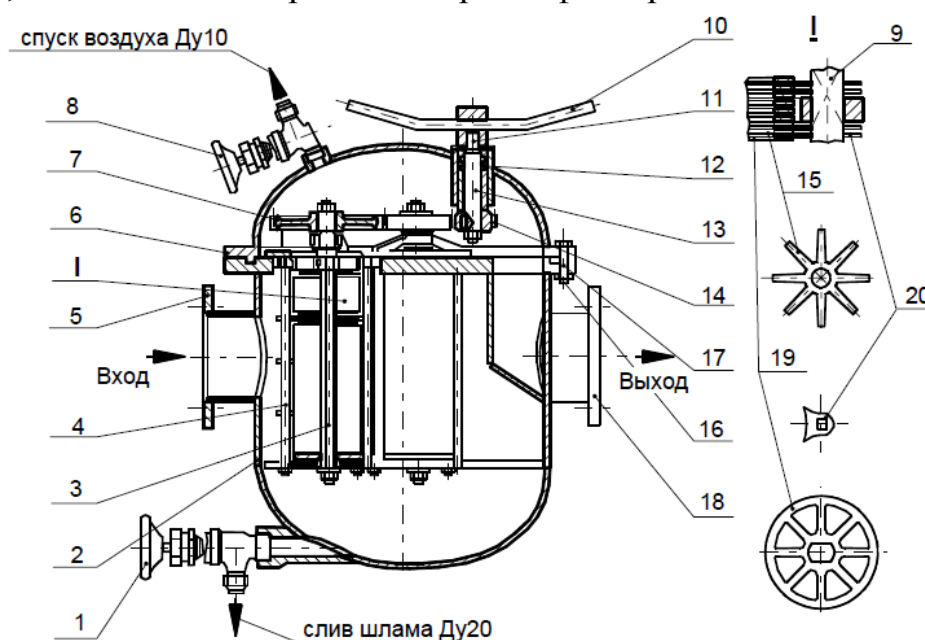


Рис. 4.4 Маслофильтры YD51,52,53(61,62,63)N01:

- 1 – клапан; 2 – корпус; 3 – центральный валик; 4 – фильтрующий патрон; 5 – патрубок входа; 6 – крышка; 7 – колесо зубчатое; 8 – клапан; 9 – стойка; 10 – рукоятка; 11 – штифт; 12 – кольцо резиновое; 13 – валик; 14 – колесо зубчатое; 15 – прокладка; 16 – болт; 17 – прокладка; 18 – патрубок входа; 19 – пластина; 20 скребок

Очистка фильтра осуществляется несколькими оборотами маховика, расположенного на верхней крышке фильтра. Маховик приводит в движение зубчатое колесо и вращает механизм очистки. Механизм очистки состоит из скребка, пластин и фильтрующего патрона. Пластины вращаются по направлению к скребку, который удаляет с них осадок. При необходи-

мости осадок (шлам) удаляется через клапан слива осадка. На верхней крышке фильтра имеется воздушник. Операции по удалению шлама производятся только при разгруженном состоянии РУ.

Т а б л и ц а 4.4

Основные технические характеристики маслофильтра ГЦН

Характеристика	Единица измерения	Величина
Пропускная способность	т/ч	100
Максимальная рабочая температура	°С	70
Номинальная тонкость очистки	мм	0,25
Перепад давления на фильтре	кгс/см ²	0,5

Маслоохладители YD71,72(81,82)W01 предназначены для поддержания температуры масла в маслосистеме ГЦН в рабочем интервале температур (20...41 °С).

Маслоохладитель (рис. 4.6) – поверхностный теплообменник кожухотрубного типа с выемным трубным пучком, двухходовой по стороне охлаждающей воды и одноходовой по маслу. В качестве охлаждающей воды используется техническая вода (VB/VF).

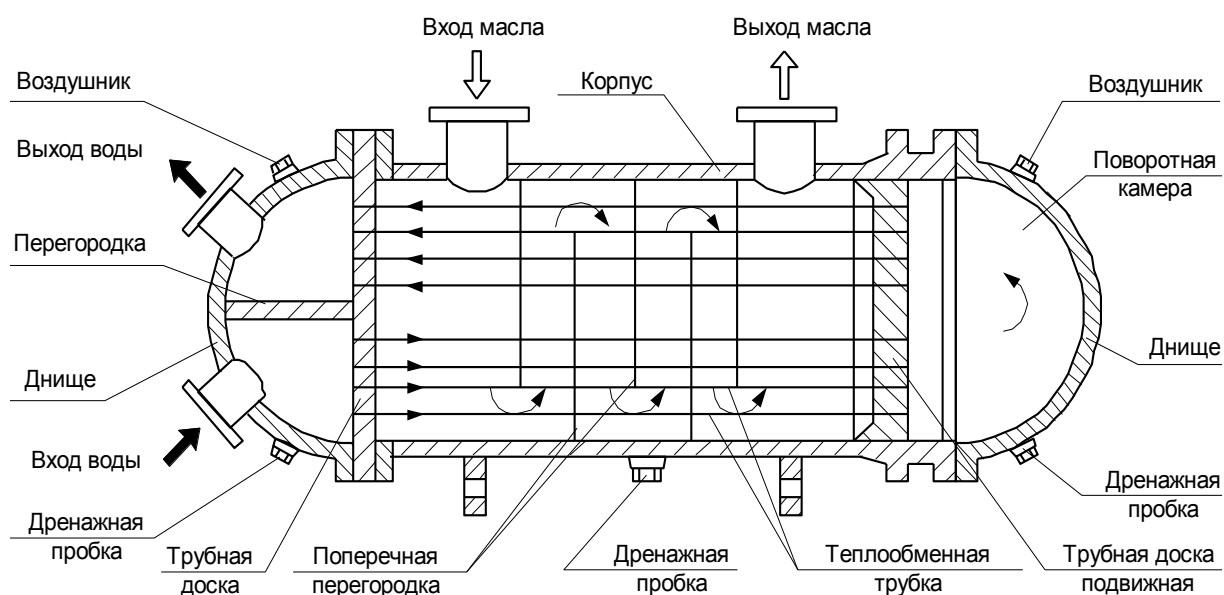


Рис. 4.6. Маслоохладители ГЦН

Конструкция охладителя включает в себя следующие основные узлы и детали:

- корпус, состоящий из обечайки, фланцев, патрубков входа (выхода) охлаждаемой среды, опор крепления и сливных приварышей;
- трубный пучок, состоящий из неподвижной и подвижной трубных решеток, теплообменных труб, поперечных перегородок;
- крышку с патрубками, состоящую из днища, патрубков входа и выхода охлаждающей воды перегородки;
- днище.

В собранном охладителе неподвижная трубная решетка жестко, при помощи шпилек и гаек, крепится к одному из фланцев корпуса. Герметичность в указанном соединении обеспечивается паронитовой прокладкой. Подвижная трубная решетка уплотняется в другом фланце корпуса при помощи сальникового уплотнения, состоящего из двух резиновых колец, распорного кольца и уплотнительного фланца. Наличие сальникового уплотнения позволяет производить, при необходимости, выем трубного пучка охладителя из корпуса, а также обеспечивает продольное перемещение подвижной трубной решетки в корпусе при воздействии термического напряжения в конструкции аппарата во время его работы.

С целью предотвращения попадания охлаждаемой среды в охлаждающую или наоборот, в случае разуплотнения одного из резиновых колец, в распорном кольце предусмотрены радиальные дренажные отверстия и кольцевые выточки по внутреннему и наружному диаметрам. В свою очередь, во фланце корпуса, к которому уплотняется подвижная трубная решетка, имеются сквозные отверстия, через которые проникающие в кольцевые выточки распорного кольца небольшие количества рабочих сред свободно вытекают наружу. В крышках охладителей устанавливаются протекторы, обеспечивающие защиту элементов конструкции работающих в контакте с охлаждающей водой от электрохимической коррозии (при использовании морской воды в качестве охлаждающей). Протекторы могут устанавливаться двух типов пальчиковые и дисковые.

Конструктивно один или несколько устанавливаемых в аппарат пальчиковых протекторов могут быть выполнены с сигнальным отверстием. Наличие сигнального отверстия в протекторе дает возможность контролировать состояние износа протекторов без их вывинчивания из крышки.

Установка и крепление охладителей осуществляется при помощи кольцевых опор: неподвижной и подвижной. Наличие подвижной опоры обеспечивает свободное продольно осевое смещение корпуса при его удлинении от воздействия рабочих температур. В конструкции охладителя предусмотрены также спускные пробки для слива рабочих сред и выпуска воздуха из полостей.

Охлаждаемая среда через входной патрубок поступает в межтрубное пространство, движется между сегментными перегородками, омывая теплообменные трубы снаружи поперечным потоком, отдает свое тепло охла-

ждающей воде, протекающей внутри труб, и охлажденная выходит через выходной патрубок из охладителя.

Охлаждающая вода поступает через входной патрубок в крышку, проходит внутри теплообменных труб, поглощает тепло, отданное охлаждаемой средой, и выходит из охладителя через выходной патрубок этой же крышки.

Т а б л и ц а 4.5

Основные технические характеристики маслоохладителя ГЦН

Характеристика	Единица измерения	Величина
Производительность по маслу	т/ч	50
Давление масла	кгс/см ²	6
Гидравлическое сопротивление масляной полости, не более	кгс/см ²	1,2
Максимальный расход технической воды	т/ч	100
Давление технической воды	кгс/см ²	6
Гидравлическое сопротивление по стороне технической воды	кгс/см ²	0,2

Гидрозатворы маслосистемы предназначены для сохранения работоспособности оборудования маслосистемы в условиях «малой течи» 1-го контура в пределах ГО.

Каждая группа системы снабжена тремя одинаковыми последовательно установленными гидрозатворами, представляющими собой вертикальный сосуд высотой 2,77 м, изготовленный из трубы диаметром 220 мм.

При авариях, приводящих к повышению давления в ГО возможен выход радиоактивных газов в обстройку РЦ через сливные трубопроводы маслосистемы в связи с тем, что маслобаки YD50(60)B01,02, связаны с атмосферой. Гидрозатворы предназначены для исключения выхода радиоактивных газов при указанных авариях, до момента закрытия локализирующей пневмоарматуры YD50(60)S04...09, которое происходит при давлении в ГО 0,3 кгс/см².

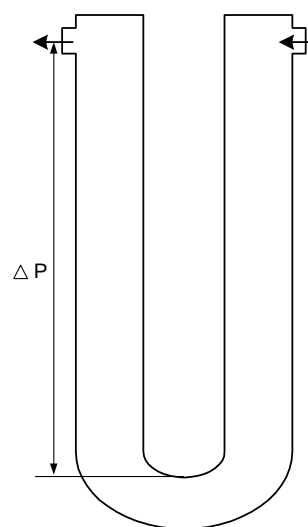


Рис. 4.7. Гидрозатвор

4.3. Работа системы

При нормальной эксплуатации энергоблока в работе находятся обе функциональные группы системы: YD50 и YD60. В каждой группе один маслonaсос с работоспособным маслофильтром находится в готовности к автоматическому вводу в работу в случае отключения работающего маслonaсоса. Также в работе находится один из маслоохладителей каждой функциональной группы YD71(72)W01, YD81(82)W01, второй маслоохладитель YD72(71)W01, YD82(81)W01 находится в резерве.

Масло подается на один или два ГЦН данной функциональной группы маслосистемы в соответствии с режимом работы РУ. Арматура на линии рециркуляции YD50(60)S01 закрыта. Если масло подается на один ГЦН, то арматура рециркуляции соответствующей функциональной группы YD50(60)S01 открыта.

Первоначально для охлаждения маслоохладителей системы планировалось использовать техническую воду неответственных потребителей (VB). Но затем, учитывая недостаточную степень чистоты этой воды, была проведена модернизация, предусматривающая возможность подачи для охлаждения маслоохладителей технической воды ответственных потребителей (VF).

При нормальной работе системы предусмотрены следующие ограничения:

- температура уплотнения и подшипника маслonaсоса не должна превышать 70°C , температура подшипников электродвигателя – 100°C ;
- перепад давления на маслофильтре не должен превышать $0,5 \text{ кгс/см}^2$;
- перепад уровня на фильтрующей сетке маслобака не должен превышать 150 мм;
- протечки через уплотнение маслonaсоса не должны превышать $0,25 \text{ см}^3/\text{ч}$.

Перед сборкой электросхем ГЦН маслосистема должна быть введена в работу по проектной схеме и температура масла должна находиться в пределах $20...41^{\circ}\text{C}$. Уровень в маслобаке YD50(60)B01 должен быть не менее 40 см. Этот уровень обеспечит минимальное количество масла в системе с учетом заполнения трубопроводов.

При отключении ГЦН, которые обслуживаются одной функциональной группой, и прекращении подачи на них масла, данная группа может быть выведена из работы.

Во избежание обезмасливания подшипников электродвигателя при «залипании» обратного клапана YD10...40S05, установленного на линии подачи масла на электродвигатель ГЦН, перед их включением проконтролировать давление масла в маслованне электродвигателя ($P_{\text{эд}} > 0,6 \text{ кгс/см}^2$).

Допускается перерыв в подаче электропитания на маслonaсосы не более 15 с.

Также при эксплуатации системы запрещается:

- отключение резервного маслоохладителя с обеих сторон по маслу или технической воде во избежание термической опрессовки теплообменника;
- прием масла в маслосистему и работа маслосистемы при отсутствии готовности системы автоматического пожаротушения;
- работа более одного маслонасоса в каждой функциональной группе для подачи масла на ГЦН, т.к. это может привести к переливу масла через маслованну ГЦН и к созданию пожароопасной ситуации;
- подача масла на ГЦН с температурой менее 35°C и расходом, большим производительности одного маслонасоса;

5. СИСТЕМА МАСЛОСНАБЖЕНИЯ ПОДПИТОЧНЫХ НАСОСОВ

5.1. Назначение и описание технологической схемы

Система маслоснабжения подпиточных насосов (ТК90) предназначена для подачи масла к следующим элементам насосов ТК21...23D02:

- к подшипникам насосов;
- к подшипникам гидромуфты;
- в цилиндр гидромуфты;
- к зубчатой передаче мультипликатора гидромуфты;
- на заполнение рабочей камеры гидромуфты.

При этом расход масла составляет:

Ротор гидромуфты	11,3 м ³ /ч
Подшипники гидромуфты	3,3 м ³ /ч
Зубчатое зацепление	1,6 м ³ /ч
Подшипники насоса	0,5 м ³ /ч
Мультипликатор	0,5 м ³ /ч
Всего	17,2 м ³ /ч

Схема циркуляции масла через подпиточный насос представлена на рис. 5.1.

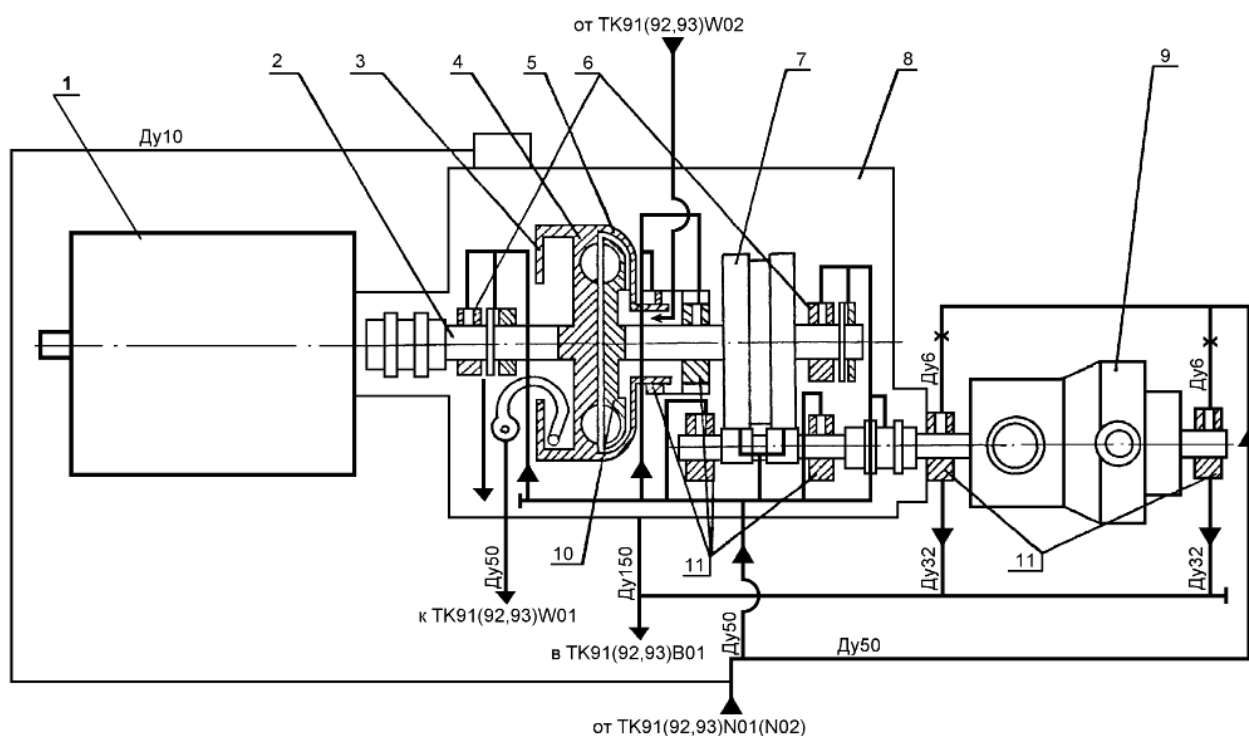


Рис. 5.1. Схема циркуляции масла через подпиточный насос:

- 1 – электродвигатель; 2 – вал; 3 – крышка черпаковой камеры; 4 – насосное колесо;
5 – крышка ротора; 6 – оперно-упорный подшипник; 7 – зубчатое колесо;
8 – гидромуфта; 9 – подпиточный насос; 10 – опорный подшипник

Система ТК90 (рис. 5.2) состоит из трех независимых функциональных групп ТК91,92,93, каждая из которых обеспечивает работу одного подпиточного насоса ТК21, 22, 23D02, соответственно.

Каждая из функциональных групп включает в себя:

- маслобак ТК91(92,93)B01;
- два маслонасоса ТК91(92,93)D01,02;
- два маслоохладителя ТК91(92,93)W01,02;
- два маслофильтра ТК91(92,93)N01,02.

Система маслоснабжения подпиточных насосов функционирует в режиме постоянной циркуляции масла. Масло из маслобака одним из насосов подается в напорный маслоохладитель ТК91(92,93)W02, где охлаждается до 40...45 °С и разделяется на два направления:

- в рабочую камеру гидромурфты. Давление перед рабочей камерой поддерживается в интервале 1,0...1,2 кгс/см² степенью открытия арматуры ТК91(92,93)S07 на линии рециркуляции;

- на тонкую очистку в маслофильтре ТК91(92,93)N01(02), после чего подается на подшипники ПН, подшипники и зубчатую пару мультипликатора гидромурфты.

Отработанное масло с потребителей гидромурфты в картере самотеком сливается в «грязный» отсек маслобака. Из черпаковой камеры гидромурфты ввиду значительного нагрева из-за трения масло через черпак гидромурфты подается в сливной маслоохладитель ТК91(92,93)W01 и далее в маслобак.

Кроме этого предусмотрен байпасный поток по линии рециркуляции малонасосов, предназначенный для регулирования давления на напоре насосов и, следовательно, давления масла на ПН. Обычно арматура рециркуляции ТК91(92,93)S07 открыта примерно на 30 %.

При работе ПН в работе находится один маслонасос, а другой – в резерве. Для обеспечения бесперебойного маслоснабжения организован автоматический ввод в работу резервного насоса.

Для экстренного дренирования масла из маслобаков при возгорании в помещении маслосистем предусмотрены сливные с электроприводными задвижками.

Регулирование скорости вращения турбинного колеса гидромурфты по отношению к насосному производится за счет величины масляного клина между колесами.

Линии слива масла из маслобаков ТК91...93B01 (через перелив) и поддонов системы ТК90 в бак сбора протечек масла ТА20B02 предназначены:

- для исключения неконтролируемого разлива масла в помещениях маслосистемы при операциях приводящих к переливу маслобаков (например, при нарушениях во время заполнения);

- сбора протечек масла через уплотнения маслонасосов;
- сбора масла при дренировании оборудования маслосистемы;
- сбора неорганизованных протечек масла через уплотнения оборудования.

Линия подвода охлаждающей воды на теплообменники ТК91(92,93)W01,02 от системы технической ответственных потребителей VF предназначена для охлаждения масла до требуемой температуры перед подачей на подпиточный насос в теплообменнике ТК91(92,93)W02 и при сливе в маслобак с гидромурфты в теплообменнике ТК91(92,93)W01.

Система ТК90 связана со следующими системами РЦ:

- *системой технической воды ответственных потребителей* – для охлаждения масла в маслоохладителях. На каждую маслосистему вода подается от отдельного канала безопасности;

- *системой подпитки-продувки 1-го контура* – подпиточные агрегаты являются потребителями системы ТК90

- *системой маслоснабжения РЦ* – для заполнения, дренирования и аварийного слива масла;

- *рециркуляционной системой вентиляции* – для отвода избыточного тепла из помещений, выделяемого оборудованием системы. Вентиляционные агрегаты включаются автоматически при включении соответствующих им маслонасосов;

- *системой спецканализации* – для сбора неорганизованных протечек технологических сред (кроме масла) оборудования маслосистемы ТК90.

5.2. Основное оборудование системы

Маслонасосы ТК91(92,93)D01,02 предназначены для создания циркуляции масла в маслосистеме. Применяются маслонасосы объемного действия (винтовые).

Агрегат электронасосный состоит из трехвинтового насоса и двигателя, которые смонтированы на общей фундаментной плите и соединены муфтой, защищенной кожухом.

Насос (рис. 5.3) состоит из корпуса, внутрь которого вставлена обойма с тремя смежными цилиндрическими расточками, в которой заключены один ведущий винт и два ведомых, служащих для уплотнения ведущего винта. В состав насоса также входит торцевое уплотнение вала ведущего винта, перепускной клапан, смонтированный в приливе корпуса для защиты насоса от превышения давления за счет перепуска масла из напорной во всасывающие камеры.

Для организованного отвода возможных утечек через торцевое уплотнение на крышке установлено штуцерное соединение, а на ведущем винте втулка сгонная. При вращении винтов во всасывающей полости насосов

создается разрежение, в результате чего перекачиваемое масло поступает во впадины нарезки винтов, взаимозаменяющихся при их вращении.

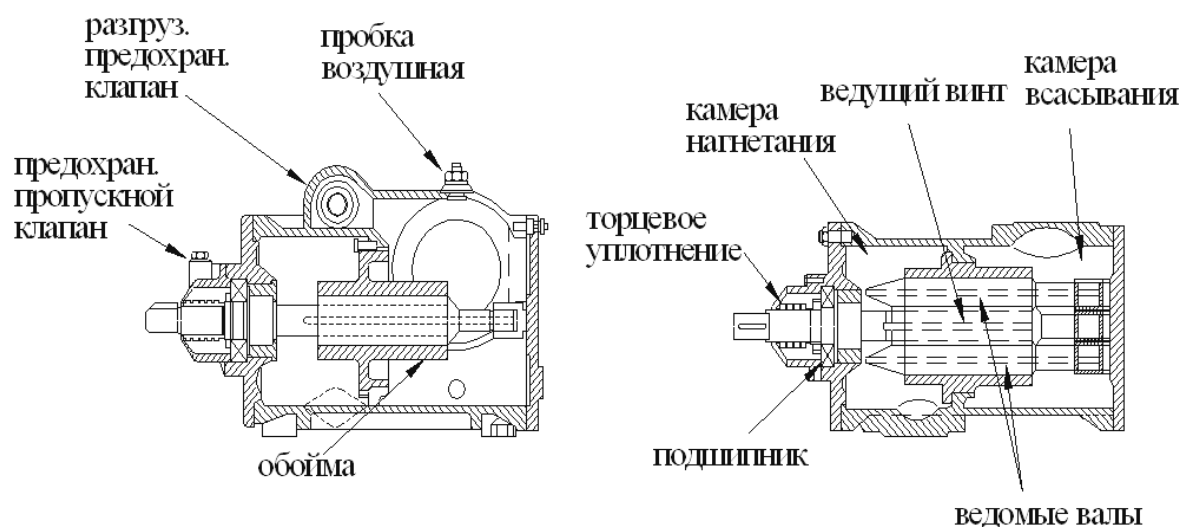


Рис. 5.3. Маслонасос ПН

Замкнутый в нарезке винтов объем масла перемещается в обойме прямолинейно без перемешивания и вытесняется в нагнетательную полость. Разгрузка винтов от осевых усилий производится за счет подвода рабочего давления перекачиваемого масла через сверление в винтах под разгрузочные поршни. Остаточные осевые усилия на ведущем винте воспринимаются подшипником, а на ведомых – втулками.

Перепускной клапан, настроенный на давление срабатывания $7,5 \text{ кгс/см}^2$, предохраняет насос от высоких давлений при перекрытии отводящего трубопровода при его работе. Сброс масла после перепускного клапана производится во всасывающую полость. Регулировка клапана производится регулировочным винтом, который стопорится гайкой.

В корпусе насоса смонтирован шариковый клапан, который обеспечивает подпор в полости торцевого уплотнения $1...3 \text{ кгс/см}^2$ относительно камеры всасывания. Шариковый клапан состоит из шарика, пружины и пробки специальной, которая уплотняется прокладкой.

Из $35 \text{ м}^3/\text{ч}$ расхода, создаваемого маслосососом, на ПН подается только $17,2 \text{ м}^3/\text{ч}$, остальные $17,8 \text{ м}^3/\text{ч}$ идут на рециркуляцию.

Маслоохладители ТК91(92,93)W01,02 (рис. 5.4) предназначены для поддержания температуры масла в системе не более 40°C .

Представляют собой кожухотрубчатые теплообменные аппараты, вертикальные, двухходовые по стороне технической воды.

Т а б л и ц а 5.1

Основные характеристики маслоснасоса ПН

Характеристика	Единица измерения	Величина
Подача, не менее	м ³ /ч	35
Давление на выходе из насоса, не более	кгс/см ²	6,3
Допускаемая вакуумметрическая высота всасывания, не более	м	5
Вязкость перекачиваемой жидкости	см ² /с	0,2-0,75
Мощность насоса, не более	кВт	13
Частота вращения	об/мин	1450
Направление вращения	левое	
Утечка через торцевые уплотнения, не более	л/ч	0,2

Т а б л и ц а 5.2

Основные характеристики маслоохладителя ПН

Характеристика	Единица измерения	Величина
Площадь поверхности теплообмена,	м ²	25
Расход технической воды,	м ³ /ч	35

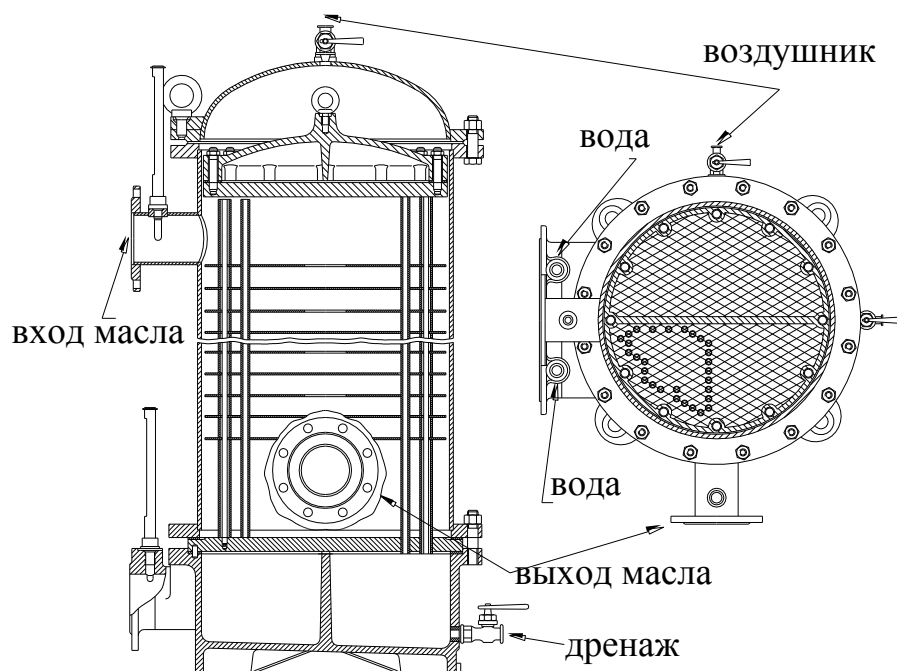


Рис. 5.4. Маслоснасос ПН

Масляный бак ТК91(92,93)В01 (рис. 5.5) представляет собой емкость прямоугольной формы, выполненную из углеродистой стали, и предназначен для хранения запаса масла в маслосистеме. Геометрический объем бака составляет $3,13 \text{ м}^3$, полезный объем – $1,85 \text{ м}^3$.

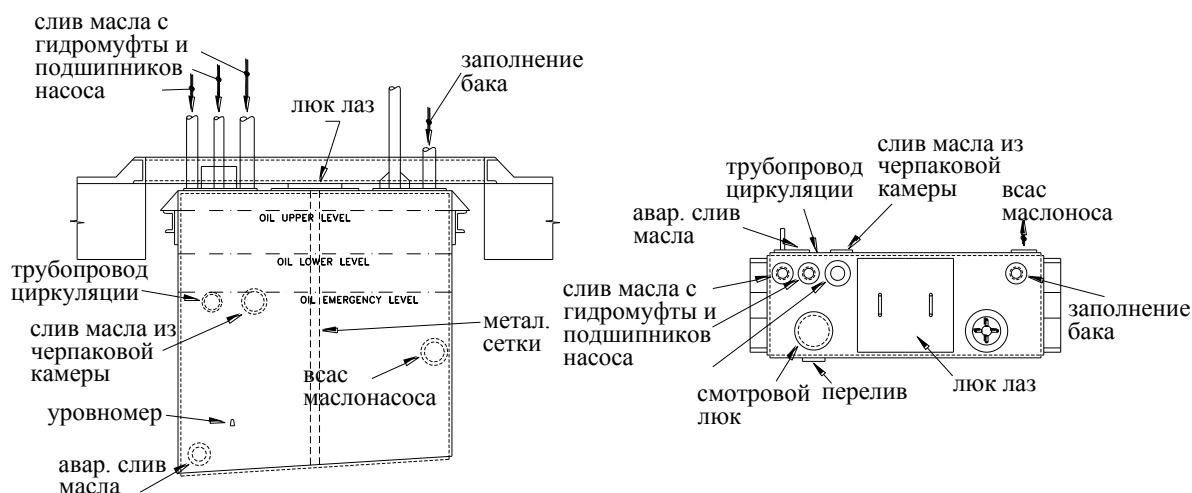


Рис. 5.5. Маслобак ПН

Маслобак разделен на два отсека металлическими сетками. Слив масла от подпиточного агрегата происходит в «грязный» отсек, а забор масла – из «чистого» отсека. Представляет интерес определение объема маслобака, который выбран, с одной стороны, для обеспечения достаточной площади фильтрации масла через разделительную сетку, с другой стороны – для обеспечения дегазации масла при движении в баке от слива к всасу маслонасосов.

Масляный фильтр ТК91(92,93)N01,02 (рис 5.6) предназначен для механической очистки подаваемого на подпиточный агрегат масла. Рассчитан на расход масла не более $8 \text{ м}^3/\text{ч}$ и давление $4 \text{ кгс}/\text{см}^2$.

Масляный фильтр – двухсекционный, с фильтрующим элементом в виде набора дисков из металлической сетки. При прохождении масла через щелевые зазоры механические примеси застревают в щелях и оседают на пластинах фильтра. При возрастании перепада давления на фильтре до $0,8 \dots 1,0 \text{ кгс}/\text{см}^2$ работающий фильтр выводится на очистку, а резервный подключается. Выведенный на очистку фильтр отсекается запорной арматурой, разуплотняется, из корпуса извлекается щелевой фильтр и промывается дизельным топливом с применением мягких щеток.

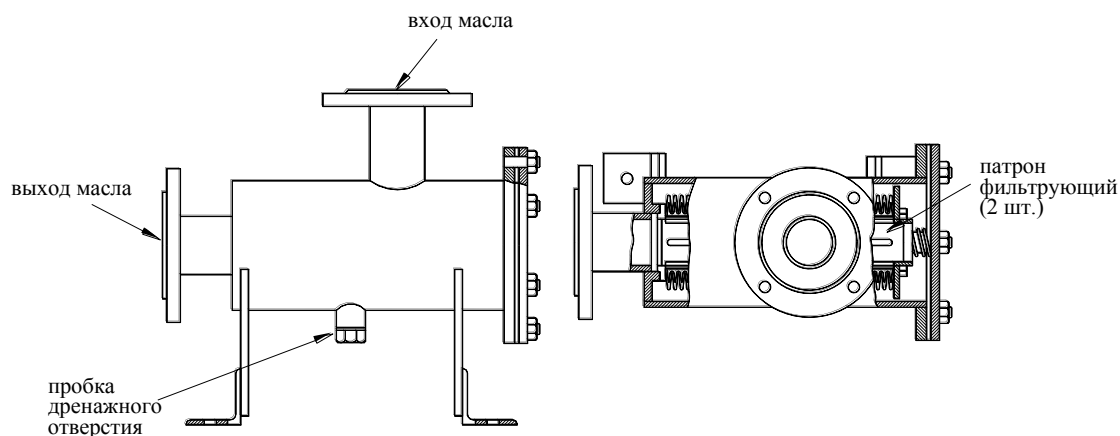


Рис. 5.6. Масляный фильтр ПН

Т а б л и ц а 5.3

Основные характеристики маслофильтра ПН

Характеристика	Единица измерения	Величина
Максимальный расход масла	м ³ /ч	8
Допустимый перепад	кгс/см ²	09 -1,0
Давление максимальное	кгс/см ²	4
Тонкость очистки	мм	0,25

5.3. Работа системы

В режимах нормальной эксплуатации масло из маслобака ТК91(92,93)В01 насосом ТК91(92,93)D01(02) постоянно подается на маслоохладитель ТК91(92,93)W02, где осуществляется охлаждение масла до номинальной температуры. После чего поток масла разделяется. Часть масла, без предварительной очистки, подается на заполнение черпаковой камеры гидромукты. Другая часть масла, пройдя тонкую очистку от механических примесей на маслоfiltре ТК91(92,93)N01(02), подается на смазку подшипников ПН, подшипников и зубчатой пары гидромукты. Еще одна часть масла отводится с напорного коллектора маслоснасосов обратно в бак, через линию рециркуляции с арматурой ТК91(92,93)S07. Изменением расхода масла на рециркуляцию регулируется давление на напоре работающего маслоснасоса и, следовательно, давление в напорной магистрали. После смазки масло с подшипников гидромукты, зубчатой пары и гидроцилиндра сливается в поддон гидромукты, а затем, вместе с маслом, поступившим после смазки подшипников ПН сливается в маслобак. Масло с черпака гидромукты из-за сильного нагрева сливается в маслобак через маслоохладитель ТК91(92,93)W01, где осуществляется охлаждение масла до номинальной температуры.

Регулирование температуры масла после теплообменников ТК91(92,93)W01 и ТК91(92,93)W02 осуществляется по месту оператором РЦ, путем изменения расхода технической воды подаваемой на маслоохладитель.

Маслосистема резервного подпиточного насоса находится в работе с целью поддержания нормального температурного режима циркулирующего масла, либо в резерве.

При пожаре в помещении подпиточного насоса или помещении маслосистемы подпиточного насоса персоналом БЦУ осуществляется аварийный слив масла из маслобака ТК91(92,93)B01 в маслобак ТА20B01 маслосистемы реакторного отделения ТА.

При эксплуатации системы нельзя допускать пролива масла в систему спецканализации TZ, т.к. попадание масла в эту систему снижает обменную емкость ионообменных фильтров системы очистки трапных вод СВО-3, а в значительных концентрациях – выводит фильтры из строя.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Зорин В.М.* Атомные электростанции: учебное пособие / В.М. Зорин. – М.: Издательский дом МЭИ, 2012. – 672 с.
2. *Маргулова Т. Х.* Атомные электрические станции: учебник для вузов. Изд. 5-е. / Т.Х. Маргулова. – М.: ИздАТ, 1994. – 289 с.
3. *Браславский Ю.В.* Основное оборудование и технологические системы реакторного отделения АЭС с ВВЭР-1000 (модификация В-320): учеб. пособие / Ю.В. Браславский, А.В. Сукрушев – Севастополь: СевГУ, 2018. – 204 с.: ил.
4. *Матузаев К.Б.* Ядерная энергетическая установка АЭС с ВВЭР-1000: оборудование, системы и элементы. – Ч. II. Системы реакторной установки: учеб. пособие/ К.Б. Матузаев, Г.Я. Мерзликин, В.В. Шаповаленко. – Севастополь СевГУ, 2015. – 144: с.: ил.
5. *Браславский Ю.В.* Альбом технологических схем реакторного отделения АЭС с ВВЭР-1000 (В-320) / Ю.В. Браславский, В.Ф. Дудаков. – Севастополь.: СНУЯЭиП, 2010. – 78 с.
6. *Солонин В.И.* Ядерные энергетические установки [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.И. Солонин. – Электрон. дан. – Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. – 88 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/52206>.
7. *Лебедев В.А.* Ядерные энергетические установки [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.А. Лебедев. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург : Лань, 2015. – 192 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/67466>.

Учебное издание

**Браславский Юрий Валентинович
Губин Артур Владимирович
Смирнов Вадим Викторович**

**МАСЛЯНЫЕ СИСТЕМЫ РЕАКТОННОГО ЦЕХА
ЯЭУ С ВВЭР-1000**

Учебное пособие

Издается в авторской редакции

Изд. № 52/2023. Объем 3,25 п.л. Усл. печ. л. 3,02. Уч.-изд.л. 3,185.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»