

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Н.И. Черкашина

СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

Учебно-методическое пособие
по изучению дисциплины
для студентов очного обучения

Севастополь
СевГУ
2019

УДК 66.0:005.591.6(075.8)

ББК 35-5-05я73

Ч-48

Р е ц е н з е н т ы:

А.М. Акимов - д.т.н., профессор

В.А. Бржзинский - д.т.н., профессор

Черкашина Н.И.

Ч-48 Системы управления химико-технологическими процессами: учеб.-метод. пособие по изучению дисциплины для студентов очного обучения / Н.И. Черкашина. – Севастополь: СевГУ, 2019. - 102 с.

Учебно-методическое пособие включает в себя общую характеристику химико-технологических процессов (ХТП) как технологических объектов управления (ТОУ); методику анализа ХТП как ТОУ; физико-химические основы технологических процессов, технологические схемы рассматриваемых объектов управления, математические описания объектов управления, постановку задачи автоматизации, типовые схемы автоматизации, типовые решения автоматизации для гидромеханических и тепловых процессов.

Предназначено для подготовки студентов технических учебных заведений, изучающих основы систем управления химико-технологических производств по направлению «Химические технологии».

Материалы, изложенные в учебном пособии, могут быть полезными для инженерно-технического персонала предприятий и проектных организаций химических производств.

УДК 66.0:005.591.6(075.8)

ББК 35-5-05я73

Рекомендовано к изданию в качестве учебного пособия на заседании кафедры «Химическая инженерия и дозиметрия», протокол № 12 от 16 апреля 2018 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава 1. Введение в теорию СУХТП	5
1.1 Основные понятия и определения	5
1.2 Структурные схемы объекта регулирования	7
1.3 Химико-технологические объекты управления. Классификация	10
1.4 Методика анализа ХТП как ТОО	12
1.5 Методы автоматического регулирования ТОО	13
1.5.1 Основные понятия и определения	13
1.5.2 Принципы регулирования	17
1.5.3 Разомкнутое регулирование	18
1.5.4 Регулирование по отклонению. Принцип обратной связи.	18
1.5.5 Регулирование по возмущению. Принцип компенсации	21
1.6 Регулирование основных технологических параметров. Виды регуляторов	22
1.6.1 Регулирование расхода, соотношения расходов и радиоактивных отходов	22
1.6.2 Регулирование уровня по обращению с РАО	25
1.6.3 Регулирование давления по обращению с РАО	28
1.6.4 Регулирование температуры	29
1.6.5 Регулирование pH	30
1.6.6 Регулирование параметров состава и качества	32
Глава 2. Автоматизация химико-технологических процессов	33
2.1 Автоматизация процесса отстаивания жидких систем	33
2.1.1 Регулирование изменения расхода суспензии	35
2.1.2 Регулирование плотности сгущенной суспензии	35
2.1.3 Регулирование подачи коагулянта	36
2.1.4 Регулирование режима работы гребкового механизма	36
2.1.5 Управление процессом противоточного отстаивания	36
2.1.6 Управление отстойником периодического действия	36
2.2 Автоматизация процесса кристаллизации	36
2.2.1 Регулирование концентрации кристаллов в суспензии	38
2.2.2 Работа объекта	39
2.2.3 Регулирование кристаллизатора выпарного типа	39
2.3 Автоматизация процесса перемешивания	40
2.3.1 Общая характеристика процессов перемешивания в жидких средах	40
2.3.2 Объект управления	40
2.4 Автоматизация процессов адсорбции и экстракции	41
2.4.1 Фильтрация жидких систем	41
2.4.2 Регулирование толщины осадка	43
2.4.3 Адсорбция	43
2.4.4 Регулирование гидравлического сопротивления колонны	44
2.4.5 Регулирование аппаратов с провальными тарелками переменного сечения	44
2.4.6 Регулирование десорберов с кипящим слоем	45
2.4.7 Автоматизация процесса экстракции	45
2.5 Управление теплообменными процессами	47
2.5.1 Каскадное регулирование	49
2.5.2 Регулирование байпасированием продукции	50
2.5.3 Регулирование изменением расхода продукта	50
2.5.4 Типовое решение автоматизации	52
2.6 Автоматизация процесса выпаривания	52
2.6.1 Регулирование концентрации упаренного раствора изменением его расхода	56

2.6.2 Объект управления	56
2.6.3 Работа установки	57
2.7 Автоматизация процесса сушки	57
2.7.1 Теоретическое описание автоматизации процесса сушки	57
2.7.2 Объект управления	59
Глава 3. Примеры построения условных обозначений приборов и средств автоматизации	61
Глава 4. Пример оформления расчетно-графической работы	65
Глава 5. Вопросы и ответы для защиты расчетно-графической работы	75
5.1. Основные определения ТАУ	77
5.2. Передаточные функции АСР	85
5.3. Устойчивость	92
5.4. Функциональные обозначения приборов	97
Литература	102

1. ВВЕДЕНИЕ В ТЕОРИЮ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ХИМИКОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

1.1. Основные понятия и определения

Автоматизация - это техническая дисциплина, которая занимается изучением, разработкой и созданием автоматических устройств и механизмов (т.е. работает без непосредственного вмешательства человека).

Автоматизация - это этап машинного производства, характеризующийся передачей функции управления от человека к автоматическим устройствам (техническая энциклопедия).

ТОУ - это совокупность совместно функционирующих технологического оборудования и реализованного на нем технологического процесса.

К *ТОУ* относят как отдельные технологические агрегаты и установки, реализующие локальный технологический процесс, так и целые производства (участки, цехи). Существуют «супер-ТОУ» - установки, включающие сотни технологических аппаратов (на нефтеперерабатывающих заводах).

АСУ - автоматизированная система управления это человеко-машинная система, обеспечивающая автоматизированный сбор и обработку информации, необходимую для оптимального управления в различных сферах человеческой деятельности.

Развитие химической технологии и других отраслей промышленности, где преобладают непрерывные технологические процессы (нефтехимическая, нефтеперерабатывающая, металлургическая и др.) потребовало создания более совершенных систем управления, чем локальные АСР. Эти принципиально новые системы получили название автоматизированных систем управления технологическими процессами - *АСУ ТП*.

Создание *АСУ ТП* стало возможным благодаря созданию ЭВМ второго и третьего поколений, увеличению их вычислительных ресурсов и надёжности.

АСУ ТП - называют *АСУ* для выработки и реализации управляющих воздействий на *ТОУ* в соответствии с принятым критерием управления - показателем, характеризующим качество работы *ТОУ* и принимающим определенные значения в зависимости от используемых управляющих воздействий.

АТК - совокупность совместно функционирующих *ТОУ* и *АСУ ТП* образует автоматизированный технологический комплекс.

Переход от *АСУ ТП* к полностью автоматическим производствам сдерживается:

- несовершенством технологических процессов (наличие немеханизированных технологических операций;
- низкой надёжностью технологического оборудования; недостаточной надёжностью средств автоматизации и вычислительной техники;
- трудностями математического описания задач, решаемых человеком в *АСУ ТП* и т. д.) Глобальная цель управления

ТОУ с помощью АСУ ТП состоит в поддержании экстремального значения критерия управления при выполнении всех условий, определяющих множество допустимых значений управляющих воздействий.

Функции АСУ ТП:

1. Информационные - сбор, преобразование и хранение информации о состоянии ТОУ; представление этой информации оперативному персоналу или передача ее для последующей обработки.
2. Первичная обработка информации о текущем состоянии ТОУ.
3. Обнаружение отклонений технологических параметров и показателей состояния оборудования от установленных значений.
4. Расчет значений не измеряемых величин и показателей (косвенные измерения, расчет ТЭП, прогнозирование);
5. Оперативное отображение и регистрация информации.
6. Обмен информацией с оперативным персоналом.
7. Обмен информацией со смежными и вышестоящими АСУ.

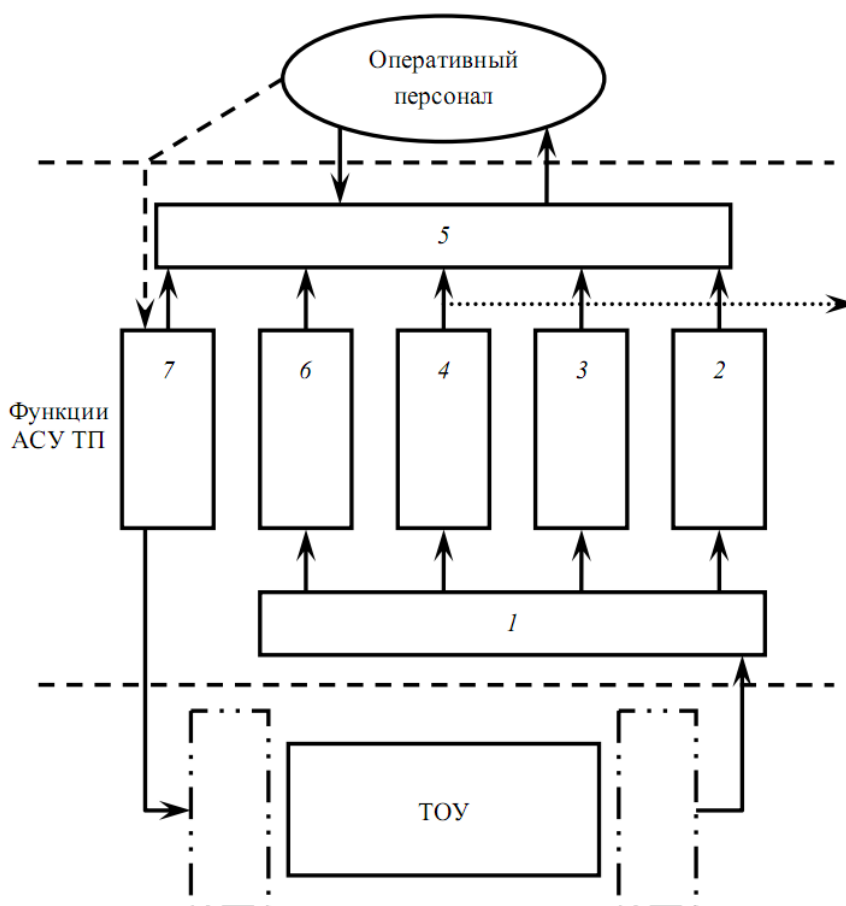


Рис. 1. Типовая функциональная структура АСУ ТП:

- 1 - первичная обработка информации (И); 2 - обнаружение отклонений технологических параметров и показателей состояния оборудования от установленных значений (И); 3 - расчет неизмеряемых величин и показателей (И); 4 - подготовка информации и выполнение процедур обмена со смежными и другими АСУ (И); 5 - оперативное и (или) по вызову отображение и регистрация информации; 6 - определение рационального режима технологического процесса (У); 7 - формирование управляющих воздействий, реализующих выбранный режим

Для реализации функций АСУ ТП необходимы:

- техническое обеспечение;
- программное;
- информационное;
- организационное;
- оперативный персонал.

Техническое обеспечение АСУ ТП составляет комплекс технических средств (КТС), содержащий следующие элементы:

- средства получения информации о текущем состоянии ТОО;
- УВК (управляемый вычислительный комплекс);
- технические средства для реализации функций локальных систем автоматизации;
- исполнительные устройства, непосредственно реализующие управляющие воздействия на ТОО.

Правила обмена информацией и сама информация, циркулирующая в АСУ ТП, образуют информационное обеспечение АСУ ТП.

Организационное обеспечение АСУ ТП представляет собой совокупность описаний функциональной, технической и организационной структур системы, инструкций и регламентов для оперативного персонала, обеспечивающую заданное функционирование АСУ ТП.

Создание АСУ ТП включает пять стадий:

1. техническое задание (ТЗ);
2. технический проект (ТП);
3. рабочий проект (РП);
4. внедрение АСУ ТП;
5. анализ её функционирования.

Современное химическое предприятие, завод или комбинат как система большого масштаба, состоит из большого количества взаимосвязанных подсистем, между которыми существуют отношения соподчинённости в виде иерархической структуры с тремя основными ступенями.

Каждая подсистема химического предприятия представляет собой совокупность химико-технологической системы и системы автоматического управления, они действуют как единое целое для получения заданного продукта или полупродукта.

1.2. Структурные схемы объекта регулирования

Один из этапов проектирования систем регулирования технологических процессов выбор структуры системы и расчет оптимальных параметров регуляторов. И структура системы и параметры регуляторов определяются свойствами технологического процесса как объекта регулирования.

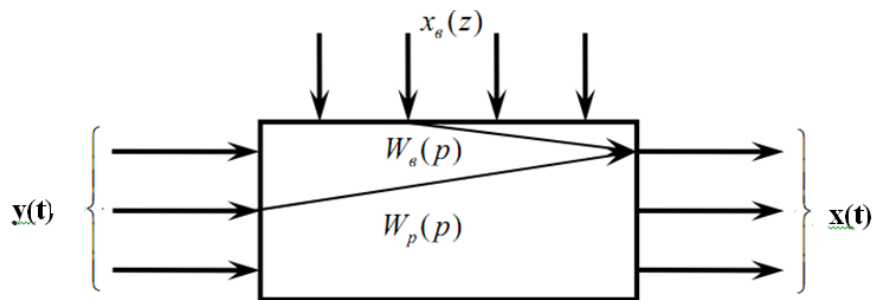


Рис. 1.2. Структурная схема объекта регулирования

Общая структура информационной схемы

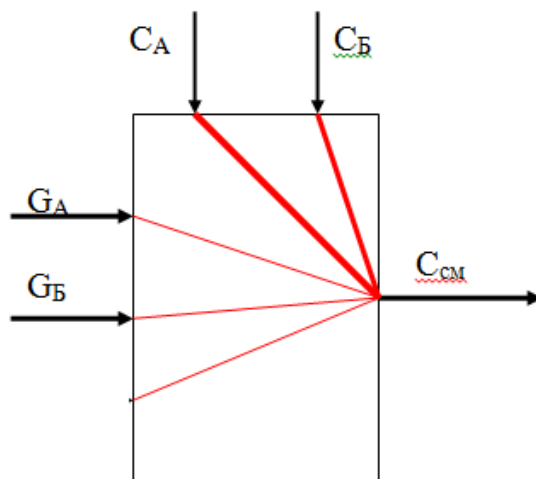


Рис. 1.3. Пример процесса смешения

Управляемые переменные - $C_{см}$ (концентрация смеси в сушильном барабане).

Возможные контролируемые возмущения: C_A, C_B (концентрации компонента А и Б),

Возможные управляющие воздействия: $G_A, G_B, G_{см}$ (расходы компонента А, Б и смеси).

Любой технологический процесс как объект регулирования (рис. 1.2) характеризуется следующими основными группами переменных:

1. Переменные, характеризующие состояние процесса (совокупность их будем обозначать вектором $x(t)$). Эти переменные в процессе регулирования необходимо поддерживать на заданном уровне или изменять по заданному закону. Как правило, переменные, входящие в вектор x , измеряют непосредственно, но иногда их можно вычислить, используя модель объекта по другим непосредственно измеряемым переменным. Вектор x часто называют вектором регулируемых величин.

2. Переменные, изменением которых система регулирования может воздействовать на объект с целью управления. Совокупность этих переменных обозначают вектором $y(t)$ регулирующих воздействий. Обычно регулирующими воздействиями служат изменения расходов материальных потоков или потоков энергии.

3. Переменные, изменения которых не связаны с воздействием системы регулирования. Эти изменения отражают влияние на регулируемый объект внешних условий, изменения характеристик самого объекта и т.п. Их называют возмущающими воздействиями и обозначают вектором x_v или z . Вектор возмущающих воздействий, в свою очередь, можно разбить на две составляющие - первую можно измерить, а вторую - нельзя. Возможность измерения возмущающего воздействия позволяет ввести в систему регулирования дополнительный сигнал, что улучшает возможности системы регулирования.

Весь процесс разбивают на отдельные участки с законченными технологическими стадиями, для которых могут быть сформулированы свои подзадачи управления, подчиненные общей задаче управления процессом в целом.

Задачи управления отдельными стадиями направлены на оптимизацию технологического параметра или критерия, легко вычисляемого по измеренным режимным параметрам (производительность, концентрация продукта, степень превращения, расход энергии).

Важным этапом в разработке СА является анализ основных аппаратов как объектов регулирования, т. е. выявление всех существенных входных и выходных переменных и анализ статических и динамических характеристик каналов возмущения и регулирования. Исходными данными при этом служат математическая модель процесса и (как первое приближение) статическая модель в виде уравнений материального и теплового балансов. На основе этих уравнений с учетом реальных условий работы аппарата все существенные факторы, влияющие на процесс, разбиваются на следующие группы.

Возмущения, допускающие стабилизацию - это независимые технологические параметры, которые могут испытывать, существенные колебания, однако по условиям работы могут быть стабилизированы с помощью автоматической системы регулирования. К таким параметрам обычно относятся некоторые показатели входных потоков. Так, расход питания можно стабилизировать, если перед аппаратом имеется буферная емкость, сглаживающая колебания расхода на выходе из предыдущего аппарата; стабилизация температуры питания возможна, если перед аппаратом установлен теплообменник, и т. п.

Контролируемые возмущения - это те возмущения, которые можно измерить, но невозможно или недопустимо стабилизировать (расход питания, подаваемого непосредственно из предыдущего аппарата; температура окружающей среды и т. п.).

Неконтролируемые возмущения - возмущения, которые невозможно или нецелесообразно измерять непосредственно. Первые - это падение активности катализатора изменение коэффициентов тепло- и массопередачи и т.п. Примером тому может служить давление греющего пара в заводской сети, которое колеблется случайным образом и является источником возмущения в тепловых процессах. Выявление возможных неконтролируемых возмущений - важный этап в исследовании процесса и разработке системы управления. Возможные регулирующие воздействия. Это материальные или тепловые потоки, которые можно изменять автоматически для поддержания регулируемых параметров.

Выходные переменные. Из их числа выбирают регулируемые координаты. К ним относятся: уровень жидкости - показатель баланса по жидкой фазе; давление - показатель баланса по газовой фазе; температура - показатель теплового баланса в аппарате; концентрация - показатель материального баланса по компоненту.

1.3. Химико-технологические объекты управления. Классификация

Требования к ТОУ. Оборудование ТОУ должно быть полностью механизировано и должно безотказно работать в межремонтный период. ТОУ должен быть управляем, т.е. разделен на определенные зоны с возможностью воздействия на технологический режим в каждой из них изменением материальных и энергетических потоков. Возможность воздействия на характеристики оборудования. Возможность доступа обслуживающего персонала к местам установки датчиков, исполнительных механизмов, регулирующих органов.

Число возмущающих воздействий должно быть сведено к минимуму, что возможно в результате установки: ресиверов; емкостей с мешалками; теплообменников, уменьшающих амплитуду и частоту изменения таких параметров, как *давление, состав, температура.*

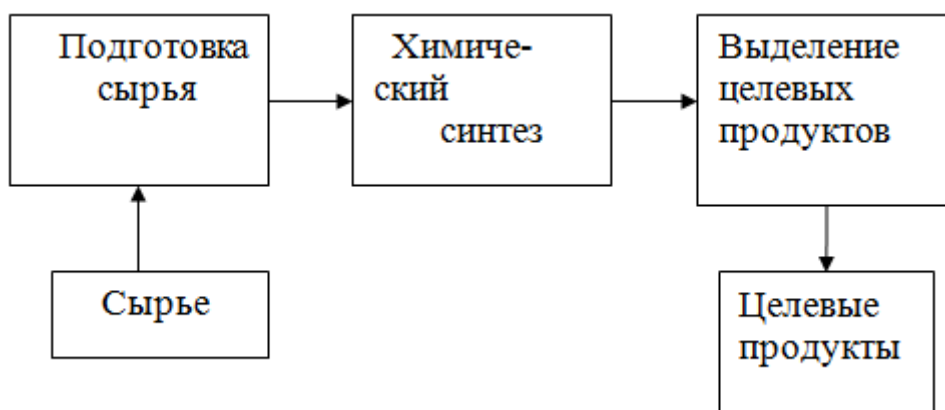


Рис. 1.4. Типовая схема технологического производства химических продуктов

Типовая технологическая схема производства состоит из стадий подготовки сырья, химического синтеза, выделения и очистки целевых продуктов.

По тоннажу продукции и структуре ассортимента:

Крупнотоннажные ТОУ - продукция с объемами выпуска: сотни - десятки тысяч тонн.

Малотоннажные ТОУ - продукция с объемами выпуска: граммы - десятки тонн.

По характеру временного режима функционирования:

ТОУ периодического действия - ТОУ, в которых аппараты (ТО) работают в циклическом режиме, а технологические процессы (ТП) представляют собой последовательность технологических и организационных операций, имеющих конечную продолжительность. Термину «*периодический процесс*», принятому

в химической технологии соответствует общесистемный термин « *дискретный процесс* ».

ТОУ непрерывного действия - ТОУ, в которых аппараты работают непрерывно, на вход аппарата непрерывно подаются исходные реагенты, на выходе аппарата непрерывно отводятся выходные продукты а технологический процесс ведется в установившемся режиме.

ТОУ полунепрерывного действия - ТОУ, в которых аппараты функционируют непрерывно только в пределах интервала времени, необходимого для переработки конечной порции сырья или промежуточного продукта. В этих пределах в аппараты непрерывно подаются исходные реагенты, а с выходов - непрерывно отводятся продукты. Технологические процессы ведутся в установившемся режиме. Между интервалами времени работы аппараты находятся в режиме ожидания.

По степени важности ТОУ в производстве:

Основные ТОУ - ТОУ для реализации основных технологических процессов производства. К основным ТОУ относят процессы и оборудование для реализации стадий подготовки сырья, химического синтеза, разделения и очистки целевых продуктов.

Вспомогательные ТОУ - к вспомогательным ТОУ относят процессы и оборудование для временного хранения исходных реагентов, промежуточных и конечных продуктов, осуществления транспортных операций.

По информационной емкости ТОУ:

Степень сложности ТОУ характеризуется информационной сложностью объекта, т.е. числом технологических параметров, участвующих в управлении.

Т а б л и ц а 1

Классификация ТОУ по информационной емкости

Информационная емкость объекта	Число параметров, участв. в управл.	Пример ТОУ
Минимальная	10 - 40	Насосная станция Резиносмеситель
Малая	41 - 160	Массообменная колонна
Средняя	161 - 650	Установка первичной перегонки нефти
Повышенная	651 - 2500	Производство этилена
Высокая	2500 и выше	Производство технического углерода

По характеру параметров управления

ТОУ с сосредоточенными параметрами - ТОУ, в которых регулируемые параметры (в данный момент времени, в разных точках аппарата), имеют одно значение соответствующего параметра.

ТОУ с распределенными параметрами - ТОУ, в которых значения параметров неодинаковы в различных точках объекта в данный момент времени. Большинство процессов химической технологии являются объектами с распределенными параметрами.

Пример: температура и концентрация по высоте ректификационной колонны.

По типу технологического процесса.

Гидромеханические процессы - процессы, осуществляющие перенос количества движения.

Тепловые процессы - процессы переноса энергии в форме теплоты (теплопроводностью, конвекцией, излучением).

Массообменные процессы - процессы перемещения вещества в пространстве за счет разности концентраций.

Механические процессы - процессы переработки твердых материалов под действием механических сил (их измельчение и разделение по фракциям).

Химические процессы - процессы, характеризующие образование новых, отличающихся от исходных по химическому составу или строению, веществ при сохранении общего числа атомов и изотопного состава.

1.4. Методика анализа ХТП как ТОУ

Определение критерия эффективности ТОУ.

Для производств - это, как правило, экономические критерии максимизации прибыли или минимизации себестоимости продукции.

Для технологических процессов - это технологические критерии максимизации качества или максимизации выхода целевого продукта.

Разработка математического описания процесса как объекта управления в статике и динамике.

При разработке математического описания сложных ХТП стремятся к созданию наиболее простых моделей.

Строят не полные и исчерпывающие мат. модели, а достаточные для решения задач управления.

Математическое моделирование и исследование статических режимов ТОУ.

Основные методы создания мат. описания для целей управления - аналитические; статистические (регрессионные, методы группового учета аргументов); модели на основе нечетких методов.

Исследование статических характеристик ТОУ, на основании которого определяют:

Возможные диапазоны варьирования параметров при управлении;

Возможное число стационарных состояний процесса;

Анализ устойчивости стационарных состояний процесса;
Влияние основных режимных параметров на рабочие области ТООУ;
Исследование нелинейности коэффициентов усиления и возможности линеаризации статических характеристик и т.д.

Построение информационной схемы ТООУ.

Информационная схема ТООУ - это схема, показывающая входные и выходные переменные ТООУ и их связи.

Построение информационной схемы возможно на основе мат. описания (при разработке новых технологий) или на основе информации по эксплуатации объекта (при модернизации системы управления).

Анализ информационной схемы.

Выполняется анализ информационной схемы на предмет классификации входных и выходных воздействий на следующие группы:

Возможные возмущающие воздействия.

Возможные управляющие воздействия.

Наиболее целесообразные управляемые переменные.

Осуществляется выбор возможных каналов управления.

Математическое описание динамики ТООУ.

Составляется мат. описание динамики объекта по возможным каналам управления.

Выполняется исследование динамики возможных каналов управления.

Выполняется выбор наиболее целесообразных каналов управления.

Составляется структурная схема системы управления.

1. Выбор параметров контроля, сигнализации и защиты.

1.5. Методы автоматического регулирования ТООУ

1.5.1. Основные понятия и определения

Любой процесс, протекающий в каком-либо устройстве, характеризуется одним или несколькими показателями, представляющими собой различные физические, химические и другие величины, такие как напряжение, давление, температура, скорость поступательного движения или вращения, частота, уровень жидкости, мощность и т.п.

В процессе регулирования эти величины должны либо изменяться по какому-либо наперед заданному закону, либо поддерживаться неизменными, независимо от изменения внешних условий.

Объектом регулирования называется устройство, в котором протекает процесс, подлежащий регулированию.

Имея в виду те или иные технологические процессы, под объектом регулирования следует понимать различные технические устройства, например, двигатели, генераторы, паровые или газовые турбины, вспомогательные механизмы, атомные реакторы, парогенераторы, а в отдельных случаях - и всю энергетическую установку или ее составляющие.

Регулируемой величиной (параметром) - называется выходная величина объекта регулирования, поддержание которой в заданных пределах является целью регулирования.

Регулирующий орган - устройство, предназначенное для непосредственного воздействия на объект регулирования обычно путем изменения либо количества, либо качества подводимой к объекту регулируемой среды.

Рассмотрим в качестве объекта регулирования паровую турбину (рис. 1.5).

Здесь регулируемым параметром будет угловая скорость вращения ротора турбины ω ; регулирующим органом - клапан подачи пара, в турбину.

Процессом регулирования будем называть совокупность мероприятий, направленных на поддержание равенства регулируемых величин (параметров) их заданным значениям.

Регулятором будем называть устройство, предназначенное для регулирования параметров объекта.

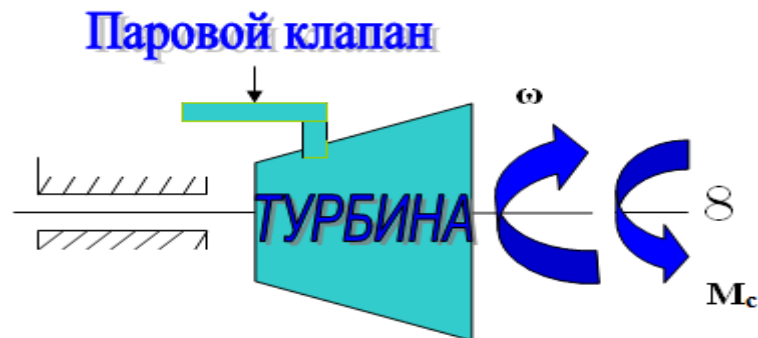


Рис. 1.5. Объект регулирования - паровая турбина

Величины, вызывающие отклонение регулируемого параметра от заданного значения и нарушающие состояние равновесия объекта, мы назвали воздействиями.

Регулирующее воздействие - это воздействие, приложенное к объекту регулирования в целях компенсации отклонения регулируемого параметра от заданного значения.

Выработка и реализация регулирующих воздействий осуществляется регулятором.

Если выработка и реализация регулирующего воздействия осуществляется при непосредственном участии человека, то это называется ручным регулированием.

Если выработка и реализация регулирующего воздействия осуществляется без непосредственного участия человека, а с помощью специальных технических средств, то такое регулирование называется автоматическим.

Каждый объект регулирования характеризуется физическими величинами, одни из которых можно рассматривать как входные, а другие - как выходные.

В отличие от прочих элементов автоматики объект регулирования имеет обычно не одну, а две входные величины, одна из которых является измене-

нием притока вещества, или энергии к объекту $q(t)$, а другая - соответствующим изменением их расхода $f(t)$.

Выходной величиной объекта является регулируемый параметр. С учетом сказанного объект регулирования может быть условно представлен схемой рис 1.6.

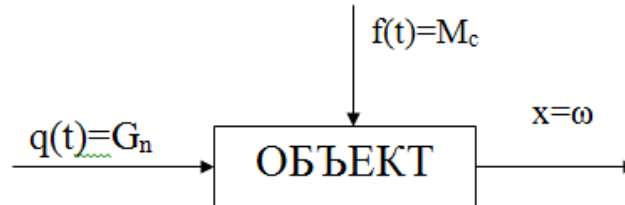


Рис. 1.6. Схема объекта регулирования

При равенстве обеих входных величин устанавливается состояние равновесия. При этом значение регулируемого параметра остается постоянным, то есть $q(t)=f(t) \rightarrow x=\text{const}$: Это исключительно важное положение, которое необходимо выделить особо.

Нарушение состояния равновесия объекта, сопровождающееся отклонением регулируемого параметра от заданного значения, происходит в результате нарушения равенства между входными величинами, то есть между притоком и расходом энергии, при условии, что отсутствуют дефекты в регуляторе и объекте.

Регулирующее воздействие прикладывается к объекту со стороны регулятора $q(t)$. Воздействие, прикладываемое к объекту регулирования извне и характеризующее расход энергии, называется *внешним возмущающим* воздействием $f(t)$.

Следует отметить, что для многих объектов, регулируемые параметрами которых являются скорость вращения или напряжение, основным возмущающим воздействием является изменение нагрузки.

Пример объекта регулирования - *резервуар с жидкостью*, который является аналогом многих корабельных элементов: конденсаторов, сепараторов, тепловых ящиков и др. (рис.1.7).

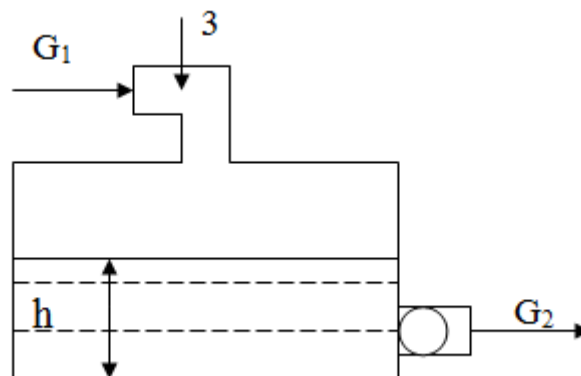


Рис. 1.7. Объект регулирования - резервуар с жидкостью

Регулируемый параметр - уровень воды в резервуаре h - выходная величина.

Входные величины (воздействия): $G_1=q(t)$ - приток жидкости, определяемый положением заслонки 3; $G_2=f(t)$ - расход жидкости, определяемый производительностью насоса.

На схеме объект регулирования может быть показан как на рис. 1.8.

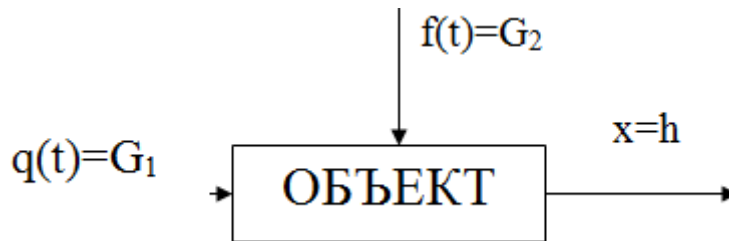


Рис. 1.8. Схема объекта регулирования - резервуар с жидкостью

Объект регулирования находится в состоянии равновесия при равенстве входных воздействий. При нарушении второго равенства равновесие прекращается и требуется регулирование.

Схема объекта регулирования - паровой турбины, показанной на рис. 1.5, будет иметь такой вид:

G_n - расход пара на турбин;

M_c - момент сопротивления на валу ротора турбины.

В этом случае для состояния равновесия $q(t)=f(t) \rightarrow x=const$, где m - коэффициент пропорциональности, обеспечивающий соответствие размерностей при различных по физической величине входных воздействиях.

Системой автоматического регулирования (САР) называется совокупность автоматического регулятора и объекта регулирования в их взаимодействии.

На рис. 1.9 показана схема системы автоматического регулирования с обозначением входных и выходных величин.

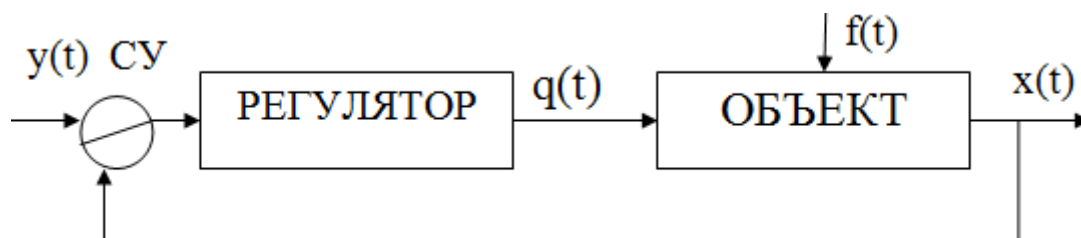


Рис. 1.9. Схема системы автоматического регулирования с обозначением входных и выходных величин: $x(t)$ - выходная величина (регулируемый параметр); $q(t)$ - входная величина (регулирующее воздействие); $f(t)$ - входная величина (возмущающее воздействие), то есть изменение внешних воздействий, приложенных к системе, вызывающее отклонение регулируемого параметра от заданного значения; $y(t)$ - задающее воздействие, то есть воздействие, приложенное к САР и определяющее заданное значение регулируемого параметра

Необходимо отметить, что регулирование является частным случаем управления.

Управление - более широкое (общее) понятие. Если задачей регулирования является поддержание постоянства или изменения по заданному закону регулируемой величины, то управление предполагает совокупность мер, направленных на обеспечение оптимального функционирования объекта в соответствии с целями управления.

При управлении заданное значение регулируемой величины изменяется в процессе работы.

У п р а в л я т ь о б ь е к т о м - это значит вырабатывать регулирующее воздействие $q(t)$ таким образом, чтобы регулируемый параметр $x(t)$ изменялся в установленных пределах или по требуемому закону, с определенной точностью, независимо от действия на объект возмущающего воздействия $f(t)$.

Изменение координат в нормальном требуемом ходе процесса определяется совокупностью правил-предписаний или математических зависимостей, называемой алгоритмом функционирования системы.

Алгоритм функционирования составляется на основании технологических требований без учета динамических характеристик. В теории автоматического регулирования алгоритм функционирования считают заданным.

Алгоритм управления будет зависеть как от алгоритма Функционирования, так и от динамических свойств систем.

Так как в настоящее время в литературе отсутствуют конкретные содержания указанных алгоритмов, то условимся различать их по следующим признакам.

Алгоритм функционирования системы показывает порядок изменения регулируемой величины и задающего воздействия, поступающего на вход регулятора.

Алгоритм управления характеризует алгоритм функционирования системы и закон изменения регулирующего воздействия, который вырабатывается в регуляторе в зависимости от принципа регулирования.

1.5.2. Принципы регулирования

Зная статические и динамические свойства системы регулирования, можно построить математическую модель системы и найти такой алгоритм управления, который обеспечивает заданный алгоритм функционирования при известных управляющих воздействиях. Так как возмущающие воздействия могут изменяться не известным заранее образом, то и при найденном алгоритме управления фактическое поведение системы будет отличаться от желаемого.

Чтобы приблизить поведение к требуемому, алгоритм функционирования управления нужно увязать с фактическим функционированием системы.

В основе построения систем автоматического регулирования лежат некоторые общие фундаментальные принципы, определяющие, каким образом изменяется регулирующее воздействие, вырабатываемое в автоматическом регуляторе. В настоящее время в технике известны и используются три фундаментальных принципа: разомкнутого регулирования, обратной связи и компенсации.

1.5.3 Разомкнутое регулирование

Сущность этого принципа состоит в том, что алгоритм управления вырабатывается только на основе заданного алгоритма функционирования и не контролируется другими факторами: возмущениями или регулируемыми величинами.

Упрощенная схема регулирования по разомкнутому принципу представлена на рис.1.10.

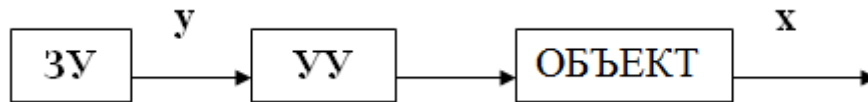


Рис. 1.10. Схема регулирования по разомкнутому принципу:
ЗУ - задающее устройство; УУ - управляющее устройство

Элементы, представляемые разомкнутой цепью, входят в состав любой системы, поэтому принцип представляется настолько простым, что его не всегда выделяют. К разомкнутым САР относится большинство систем контроля и автоматической защиты: автоматы включения и выключения освещения, пуска и остановки двигателей, аварийная защита реактора и т.п.

1.5.4. Регулирование по отклонению. Принцип обратной связи

Этот принцип получил распространение и положен в основу большинства существующих автоматизированных систем. Организуется он на основе информации об отклонении регулируемой величины от ее заданного значения. В зависимости от величины и знака отклонения вырабатывается регулирующее воздействие.

Существенным преимуществом систем автоматического регулирования, работающих по принципу отклонения, является отсутствие избирательности по отношению к возмущению. В этом случае система проста по конструкции, так как в ней достаточно иметь лишь один измерительный элемент, однако имеет неизбежную ошибку регулирования в переходном процессе.

Примером САР, построенной по этому принципу, является система регулирования скорости вращения двигателя, показанная на рис.1.11.

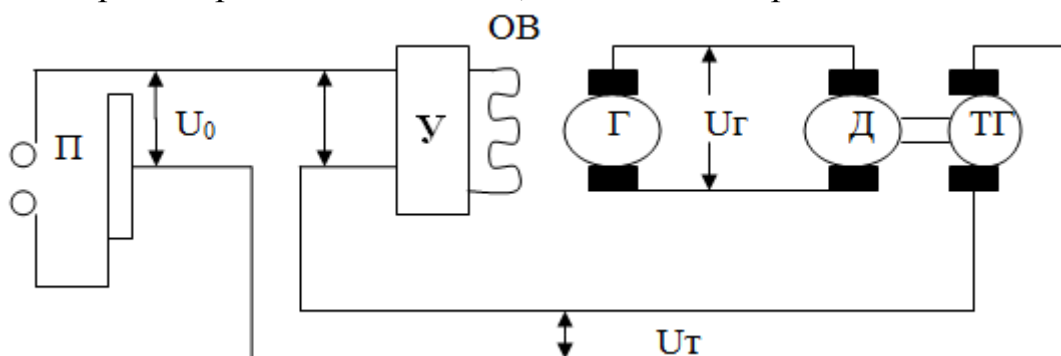


Рис. 1.11. Система регулирования скорости вращения двигателя:
П - потенциометр, используемый в качестве устройства, вырабатывающего задающее воздействие; У - усилитель; Г - генератор; ОВ - обмотка возбуждения генератора;
Д - электродвигатель; ТГ - тахогенератор

Принцип регулирования в данном случае заключается в следующем. Скорость вращения электродвигателя задается путем установки потенциометра в определенное фиксированное положение, которому соответствует напряжение U_0 . Напряжение U_{T_2} , вырабатываемое тахогенератором, соединенным с валом электродвигателя, соответствует фактической скорости вращения последнего. В случае отклонения фактической скорости вращения электродвигателя от заданной изменяется величина напряжения U_{T_2} , вырабатываемого тахогенератором, что приводит к рассогласованию по напряжению $\Delta U = U_0 - U_{T_2}$.

В результате изменяется магнитный поток в обмотке возбуждения генератора, напряжение U_c , а следовательно и скорость вращения электродвигателя.

Процесс регулирования будет продолжаться до тех пор, пока фактическая скорость вращения электродвигателя не станет равной заданной. В этом случае сигнал рассогласования между фактической и заданной скоростями отсутствует, то есть $\Delta U = U_0 - U_{T_2} = 0$.

Следовательно, для осуществления регулирования по отклонению необходимы:

- информация о заданном и фактическом значениях регулируемой величины;
- сравнение заданного и фактического значений регулируемой величины и выработка на основании величины и знака рассогласования решения на регулирование;
- реализация выработанного решения;
- определение результатов регулирования.

Таким образом, система автоматического регулирования представляет собой совокупность объекта регулирования и присоединенных к нему приборов и устройств, образующих регулятор и осуществляющих регулирование процесса и положения объекта.

Упрощенная схема регулирования представлена на рис.1.12. СУ - сравнивающее устройство, в котором осуществляется сравнение заданного и фактических значений регулируемой величины (обычно сравнивающее устройство входит в состав элементов регулятора).

Связь выхода со входом, осуществляемая с помощью сравнивающего устройства, называется главной обратной связью.

Принцип обратной связи состоит в том, что фактическое значение выходной величины подается на вход системы для сравнения с заданным значением и формирования регулирующего воздействия. Это важнейший принцип кибернетики - науки об управлении в природе и технике.

Для математической записи закона регулирования изобразим на рис. 1.12 введенные ранее обозначения.

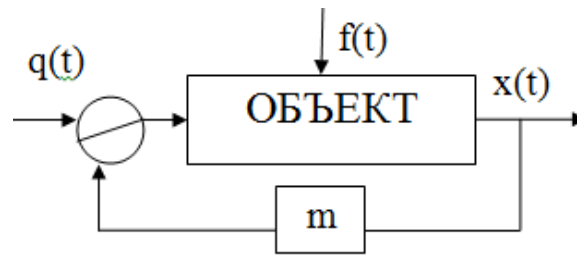


Рис. 1.12. Схема закона регулирования по отклонению

Закон регулирования по отклонению $\Sigma = q(t) - mx(t)$.

В заключение рассмотрим основные особенности принципа регулирования по отклонению.

Первой особенностью САР, использующих принцип регулирования по отклонению, является их замкнутость, которая обеспечивается главной обратной связью.

Вторая особенность - детекторное свойство элементов, входящих в систему, то есть сигналы передаются только в одном направлении, от предыдущего элемента к последующему.

Третьей особенностью является то, что принцип регулирования по отклонению позволяет ограничиться измерением отклонения регулируемой величины от заданного значения, независимо от разнообразных возмущений, действием которых это отклонение вызвано.

На рис. 1.13 приведена схема автоматического регулятора расхода питательной воды.

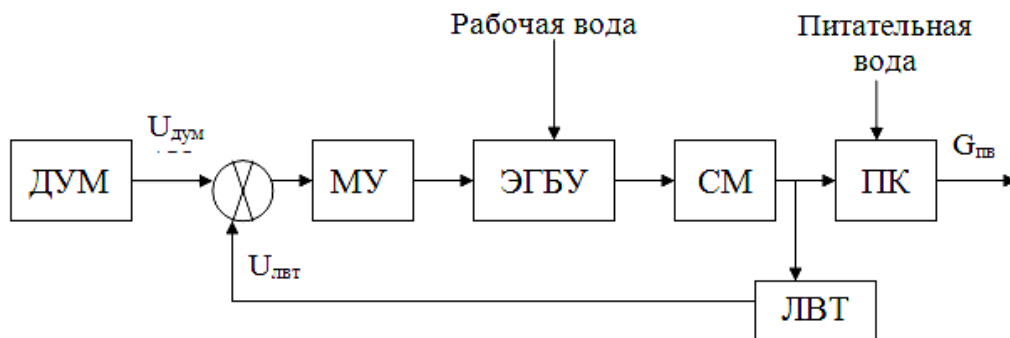


Рис. 1.13. Схема автоматического регулятора расхода питательной воды

Задающее устройство - датчик уровня мощности (ДУМ), измерительное устройство - линейный вращающийся трансформатор (ЛВТ), сравнивающее устройство, выполненное на магнитном усилителе, электрогидравлический блок усиления (ЭГБУД сервомотор (СМ), регулирующий орган - питательный клапан (ПК). Шток сервомотора соединен с валом ЛВТ.

Регулятор работает следующим образом. Сигнал датчика уровня мощности сравнивается с сигналом обратной связи в магнитном усилителе: $\Delta U = U_{\text{дум}} - U_{\text{лвт}} = 0$.

В зависимости от полярности сигнала рассогласования струйное реле ЭГБУ будет отклоняться вправо или влево. При этом рабочая вода всегда будет подаваться в верхнюю или нижнюю полость СМ.

Если рабочая вода подается в нижнюю полость сервомотора, то последний будет открывать питательный клапан. Расход питательной воды через клапан будет увеличиваться. Поршень сервомотора будет перемещаться вверх до тех пор, пока сигнал ΔU не станет равным нулю.

Принцип обратной связи широко распространен не только в технике, но и в процессах управления, осуществляемых в живых организмах (системы регуляции различных функций - температуры, ритма кровообращения и др.). В управлении общественными организациями этот принцип реализуется в виде проверки исполнения принятых решений и распоряжений, выполняющих роль управляющих воздействий.

1.5.5. Регулирование по возмущению. Принцип компенсации

Сущность данного принципа состоит в том, что из нескольких возмущений, действующих на объект, выбирается одно - главное - и определяется, как оно влияет на регулируемую величину. Регулирующее воздействие, прикладываемое к объекту со стороны исполнительного органа, зависит от возмущения так, что изменения регулируемой величины не выходят за заданные пределы.

Достоинством систем, построенных по принципу возмущения, являемся их быстрая реакция на возмущение. Причина, вызывающая нарушение состояния равновесия системы, фиксируется с помощью безынерционных цепей мгновенно, тогда как в системах по отклонению эта фиксация идет, как правило, через инерционный объект и регулятор.

Примером САР, построенной по принципу регулирования по возмущению, может служить регулирование мощности атомного реактора по параметрам контура рабочего тела.

На рис. 1.14 показан один из возможных вариантов САР мощности реактора по расходу пара в паротурбинной установке (ПТУ):

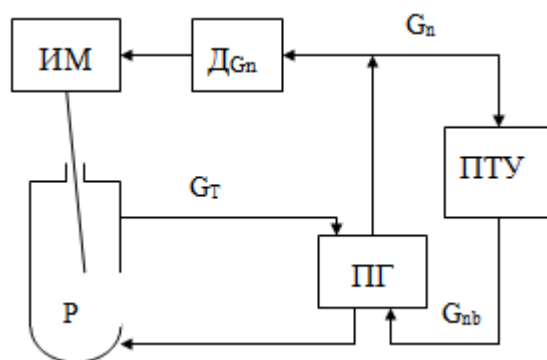


Рис. 1.14. САР мощности реактора по расходу пара в паротурбинной установке:
 Р - реактор; ПГ - парогенератор; G_T - расход теплоносителя; G_n - расход пара; G_{nb} - расход питательной воды; D_{Gn} - датчик расхода пара; ИМ - исполнительный механизм

В данном случае расход пара на главную турбину выбран в качестве основного возмущения. При изменении скорости хода корабля и, следовательно, режима работы паротурбинной установки (ПТУ) меняется расход пара. Изменение расхода пара регистрируется датчиком расхода, сигнал от которого по-

ступает в органы управления мощностью реактора. В результате изменения мощности реактора режим работы паропроизводящей установки (реактор - парогенератор) меняется таким, образом, чтобы обеспечить требуемое количество пара для работы ПТУ, реализующей заданную скорость хода корабля.

Необходимо подчеркнуть, что системы регулирования по возмущению являются разомкнутыми, так как отсутствует связь выхода системы с ее входом, то есть главная обратная связь. Это значит, что в системах, построенных по этому принципу, не производится сравнение фактического значения регулируемой величины с заданным.

В соответствии со схемой, представленной на рис. 1.15, можно записать закон регулирования по возмущению $\Sigma = q(t) + lf(t)$, где l - коэффициент пропорциональности.

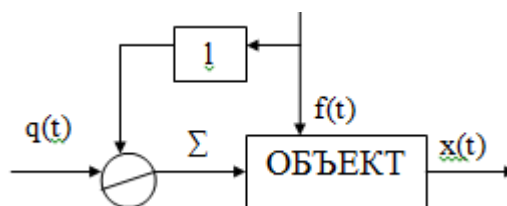


Рис. 1.15. Схема закон регулирования по возмущению

Системы, построенные по принципу регулирования по возмущению, сравнительно просты, устойчивы в работе, но не способны реагировать на другие возмущения, вызывающие изменения регулируемой величины. При построениях подобных систем регулирования для нескольких сразу возмущающих воздействий (что характерно для реальных условий эксплуатации) САР получается громоздкой. Так, например, для того, чтобы САР, построенная по принципу возмущения, смогла реагировать на действие нескольких равнозначных возмущений, необходимо увеличить количество измерительных элементов, то есть существенно усложнить систему. Однако появление непредвиденного возмущения, даже незначительной величины, может обесценить сложную конструкцию, поскольку система не выполнит своих задач. Последнее обстоятельство заставляет использовать принцип комбинированного регулирования. При этом принципе наряду с контурами или связями по возмущению в системе обязательно выделяется контур по отклонению и система полностью учитывает появление непредвиденного возмущения и помех.

1.6. Регулирование основных технологических параметров. Виды регуляторов

1.6.1. Регулирование расхода, соотношения расходов

В системах регулирования расхода применяют один из трех способов изменения расхода:

1. дросселирование потока вещества через регулирующий орган, устанавливаемый на трубопроводе (клапан, шибер, заслонка);

2. изменение напора в трубопроводе с помощью регулируемого источника энергии (например, изменением числа оборотов двигателя насоса или угла поворота лопастей вентилятора);

3. байпасирование, т.е. переброс избытка вещества из основного трубопровода в обводную линию.

Регулирование расхода после центробежного насоса осуществляется регулирующим клапаном, устанавливаемым на нагнетательном трубопроводе (рис. 1.16, а). При использовании поршневого насоса, применение подобной АСР недопустимо, так как при работе регулятора клапан может закрыться полностью, что приведет к разрыву трубопровода (или к помпажу, если клапан установлен на всасе насоса). В этом случае для регулирования расхода используют байпасирование потока (рис. 1.16, б).

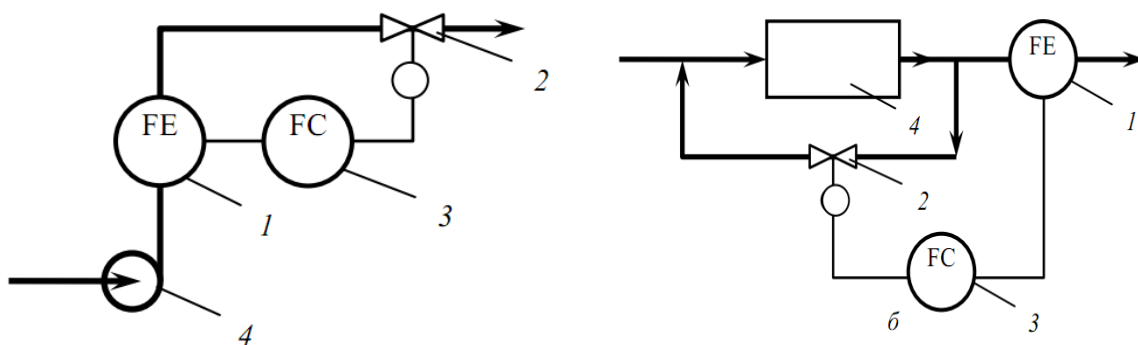


Рис. 1.16. Схемы регулирования расхода после центробежного (а) и поршневого (б) насосов: 1 - измеритель расхода; 2 - регулирующий клапан; 3 - регулятор; 4 - насос

Регулирование расхода сыпучих веществ осуществляется изменением степени открытия регулирующей заслонки на выходе из бункера (рис 1.17, а), либо изменением скорости движения ленты транспортера. Измерителем расхода при таком варианте служит взвешивающее устройство, которое определяет массу материала на ленте транспортера (рис 1.17, б).

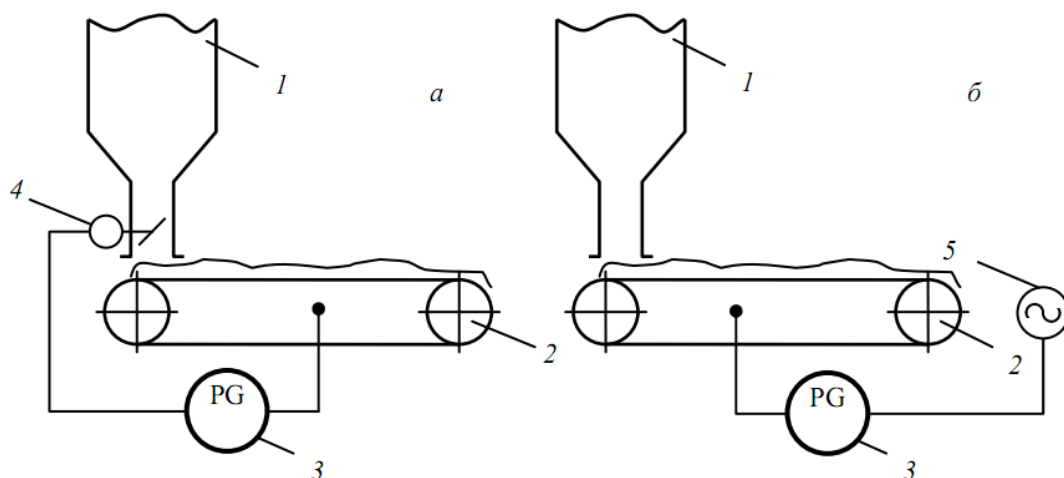


Рис. 1.17. Схемы регулирования расходов сыпучих веществ: 1 - бункер; 2 - транспортер; 3 - регулятор; 4 - регулирующая заслонка; 5 - электродвигатель

Регулирование соотношения расходов двух веществ можно осуществлять тремя способами:

1. При незаданной общей производительности расход одного вещества (рис. 1.18, а) G_1 , называемый «ведущим», может меняться произвольно; второе вещество подается при постоянном соотношении y с первым, так что «ведомый» расход равен yG_1 . Иногда вместо регулятора соотношения используют реле соотношения и обычный регулятор для одной переменной (рис. 1.18, б). Выходной сигнал реле 6 , устанавливающего заданный коэффициент соотношения y , подается в виде задания регулятору 5 , обеспечивающему поддержание «ведомого» расхода.

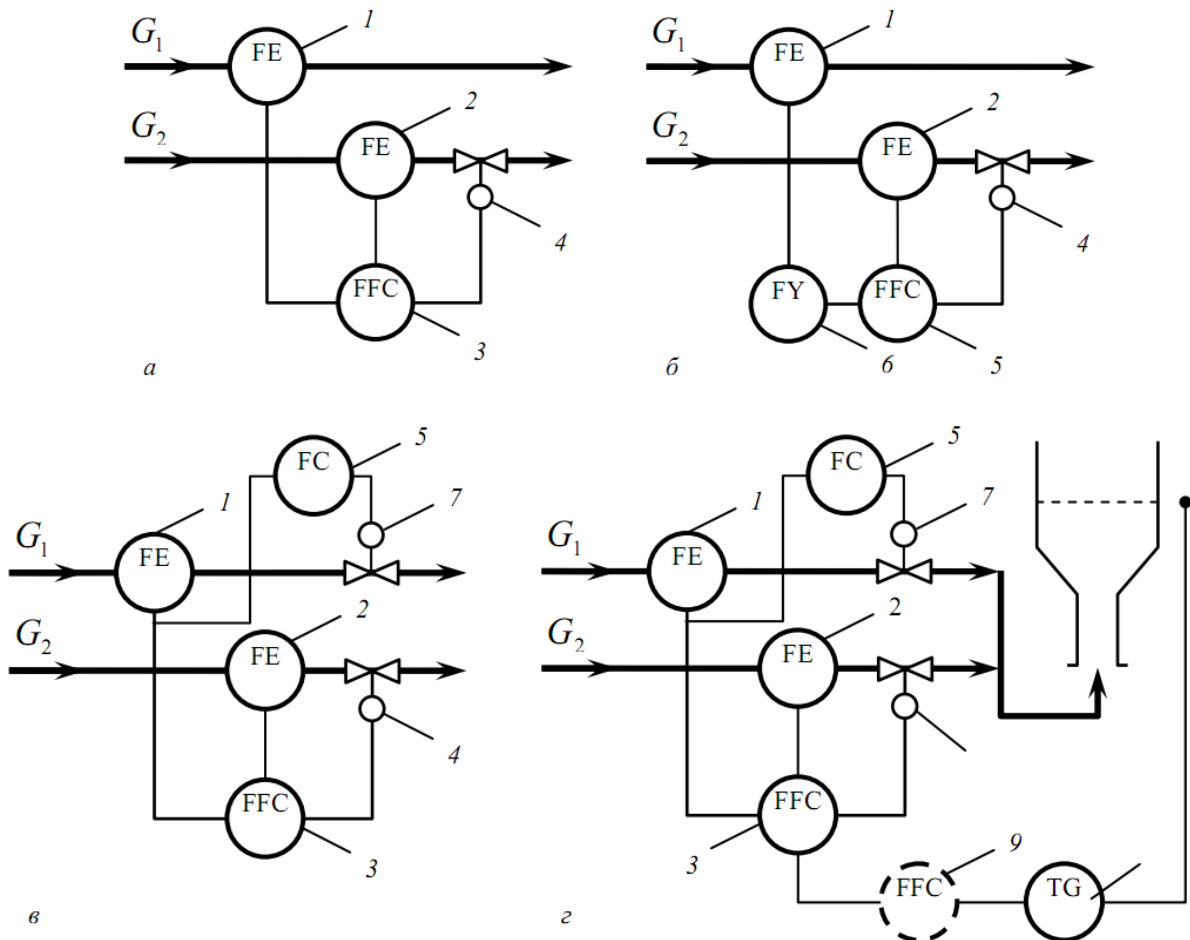


Рис. 1.18. Схемы регулирования соотношения расходов: 1, 2 - измерители расхода, 3 - регулятор соотношения, 4, 7 - регулирующие клапаны; 5 - регулятор расхода, 6 - реле соотношения, 8 - регулятор температуры, 9 - устройство ограничения

2. При заданном «ведущем» расходе кроме АСР соотношения применяют и АСР «ведущего» расхода (рис. 1.18, в). При такой схеме в случае изменения задания по расходу G_1 автоматически изменится и расход G_2 (в заданном соотношении с G_1).

3. При заданной общей нагрузке и коррекции коэффициента по третьему параметру. АСР соотношения расходов является внутренним контуром в каскадной системе регулирования третьего технологического параметра y (например, температуры в аппарате). При этом заданный коэффициент соотно-

шения устанавливается внешним регулятором в зависимости от этого параметра, так что $G_2 = y(y)G_1$ (рис. 1.18, г). Особенность настройки каскадных АСР состоит в том, что на задание внутреннему регулятору устанавливают ограничение $x_{рн} < x_p < x_{рв}$. Для АСР соотношения расходов это соответствует ограничению $y_n < y < y_v$. Если выходной сигнал внешнего регулятора выходит за пределы $[x_{рн}, x_{рв}]$, то задание регулятору соотношения остается на предельно допустимом значении y (т. е. y_n или y_v).

1.6.2. Регулирование уровня

Уровень является косвенным показателем гидродинамического равновесия в аппарате. Постоянство уровня свидетельствует о соблюдении материального баланса, когда приток жидкости равен стоку, и скорость изменения уровня равна нулю.

В общем случае изменение уровня описывается уравнением вида

$$S \frac{dL}{dt} = G_{вх} - G_{вых} \pm G_{об},$$

где S - площадь горизонтального (свободного) сечения аппарата; $G_{вх}, G_{вых}$ - расходы жидкости на входе в аппарат и выходе из него; $G_{об}$ - количество жидкости, образующейся (или расходуемой) в аппарате в единицу времени.

В зависимости от требуемой точности поддержания уровня применяют один из следующих двух способов регулирования: 1. позиционное регулирование, при котором уровень в аппарате поддерживается в заданных, достаточно широких пределах: $L_e < L < L_H$. Такие системы регулирования устанавливают на сборниках жидкости или промежуточных емкостях (рис. 1.19). При достижении предельного значения уровня происходит автоматическое переключение потока на запасную емкость.

2. непрерывное регулирование, при котором обеспечивается стабилизация уровня на заданном значении, т. е. $L = L^*$.

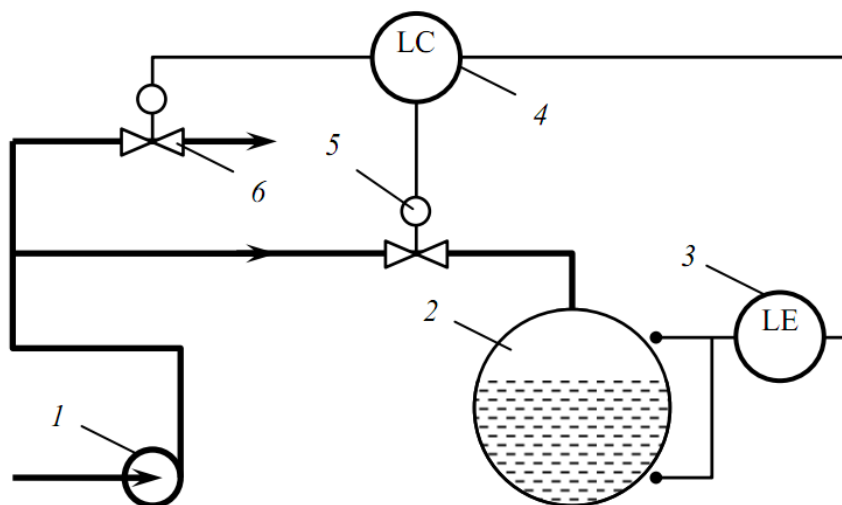


Рис. 1.19. Схема позиционного регулирования уровня: 1 - насос; 2 - аппарат; 3 - сигнализатор уровня; 4 - регулятор уровня; 5, 6 - регулирующие клапаны

Особенно высокие требования предъявляются к точности регулирования уровня в теплообменных аппаратах, в которых уровень жидкости существенно влияет на тепловые процессы. Например, в паровых теплообменниках уровень конденсата определяет фактическую поверхность теплообмена. В таких АСР для регулирования уровня без статической погрешности применяют ПИ-регуляторы. П-регуляторы используют лишь в тех случаях, когда не требуется высокое качество регулирования и возмущения в системе не имеют постоянной составляющей, которая может привести к накоплению статической погрешности.

При отсутствии фазовых превращений в аппарате уровень в нем регулируют одним из трех способов:

1. изменением расхода жидкости на входе в аппарат (регулирование «на притоке», рис. 1.20, а);

2. изменением расхода жидкости на выходе из аппарата (регулирование «на стоке», рис. 1.20, б);

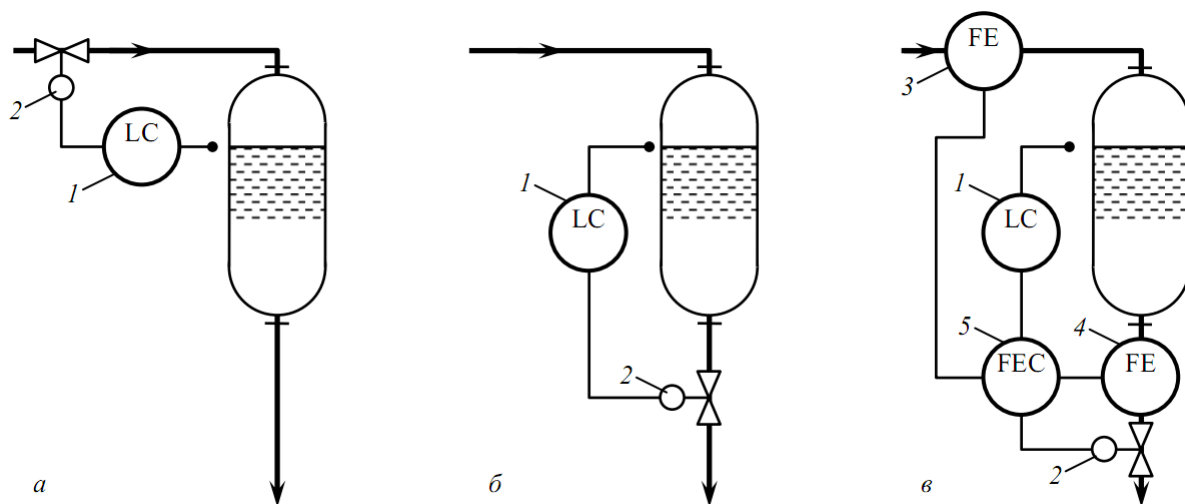


Рис. 1.20. Схемы непрерывного регулирования уровня:
 а - регулирование «на притоке»; б - регулирование «на стоке»,
 в - каскадная АСР (1 - регулятор уровня, 2 - регулирующий клапан,
 3, 4 - измерители расхода, 5 - регулятор соотношения)

3. регулированием соотношения расходов жидкости на входе в аппарат и выходе из него с коррекцией по уровню (каскадная АСР, рис. 1.20, в); отключение корректирующего контура может привести к накоплению ошибки при регулировании уровня, так как вследствие неизбежных погрешностей в настройке регулятора соотношения расходы жидкости на входе и выходе аппарата не будут точно равны друг другу, и вследствие интегрирующих свойств объекта, уровень в аппарате будет непрерывно нарастать (или убывать).

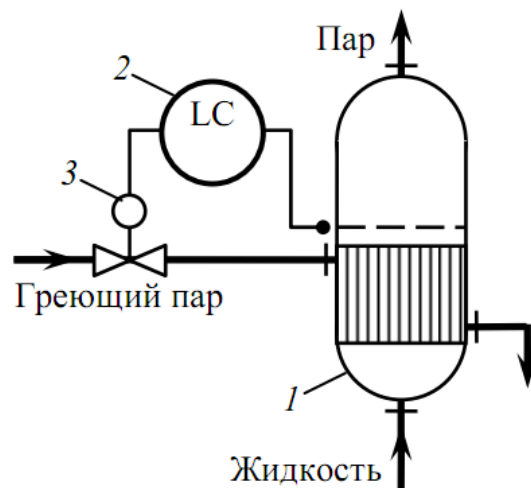


Рис. 1.21. Схема регулирования уровня в испарителе:
1 - испаритель; 2 - регулятор уровня, 3 - регулирующий клапан

В случае, когда гидродинамические процессы в аппарате сопровождаются фазовыми превращениями, можно регулировать уровень изменением подачи теплоносителя (или хладагента). В таких аппаратах уровень взаимосвязан с другими параметрами (например, давлением), поэтому выбор способа регулирования уровня в каждом конкретном случае должен выполняться с учетом остальных контуров регулирования.

Особое место в системах регулирования уровня занимают АСР уровня в аппаратах с кипящим (псевдосжиженным) слоем зернистого материала (рис. 1.22).

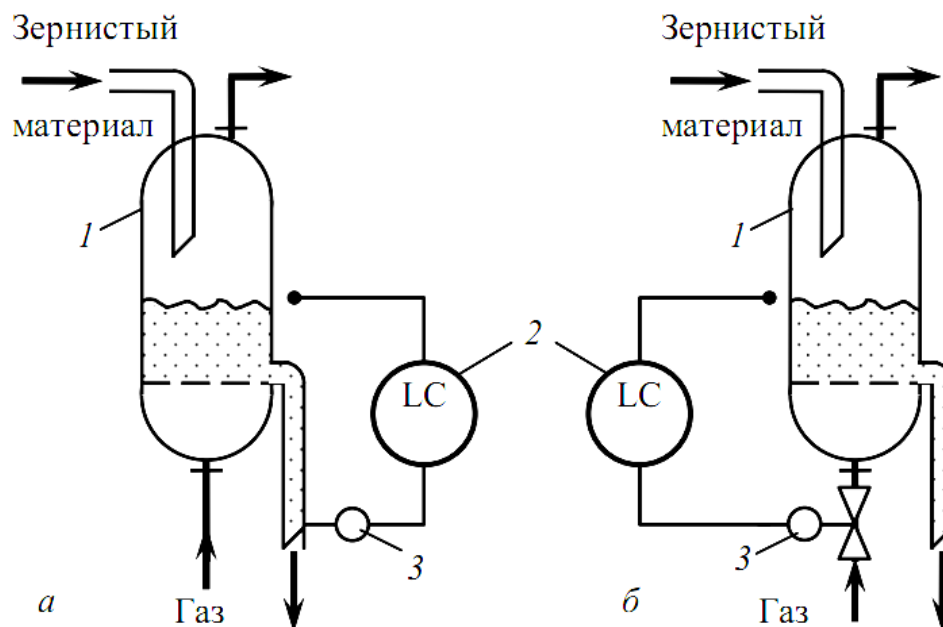


Рис. 1.22. Регулирование уровня кипящего слоя:
а - отводом зернистого материала, б - изменением расхода узких пределов соотношения расхода газа (1 - аппарат с кипящим слоем, 2 - регулятор уровня, 3 - регулирующий орган)

При значительных колебаниях расхода газа (или расхода зернистого материала) наступает режим уноса слоя или его оседания. Поэтому к точности

регулирования уровня кипящего слоя предъявляют особо высокие требования. В качестве регулирующих воздействий используют расход зернистого материала на входе или выходе аппарата (рис. 1.22, а) или расход газа на ожигание слоя (рис. 1.22, б).

1.6.3. Регулирование давления

Давление является показателем соотношения расходов газовой фазы на входе в аппарат и выходе из него. Постоянство давления свидетельствует о соблюдении материального баланса по газовой фазе. Обычно давление (или разрежение) в технологической установке стабилизируют в каком-либо одном аппарате, а по всей системе оно устанавливается в соответствии с гидравлическим сопротивлением линии и аппаратов. Например, в многокорпусной выпарной установке (см. рис. 1.23, а) стабилизируют разрежение в последнем выпарном аппарате. В остальных аппаратах при отсутствии возмущений устанавливается разрежение, которое определяется из условий материального и теплового балансов с учетом гидравлического сопротивления технологической линии.

В тех случаях, когда давление существенно влияет на кинетику процесса (например, в процессе ректификации), предусматривается система стабилизации давления в отдельных аппаратах (рис. 1.23, б). Кроме того, при регулировании процесса бинарной ректификации часто в качестве косвенного показателя состава смеси используют ее температуру кипения, которая однозначно связана с составом лишь при постоянном давлении. Поэтому в продуктовых ректификационных колоннах обычно предусматривают специальные системы стабилизации давления.

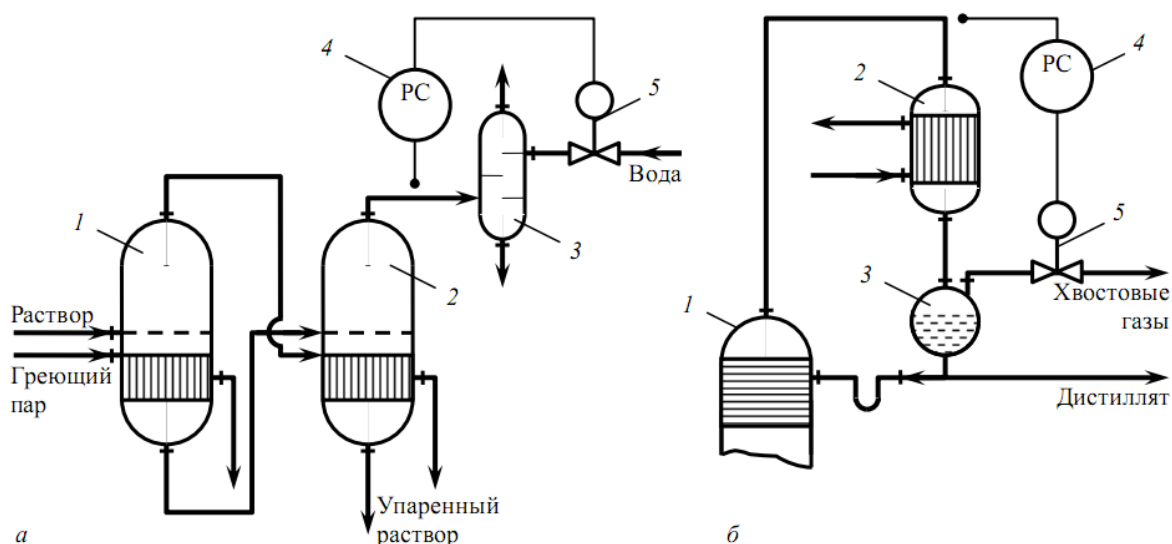


Рис. 1.23. Пример регулирования выпарной установки:

а - регулирование разрежения в многокорпусной выпарной установке:

1, 2 - выпарные аппараты; 3 - барометрический конденсатор; 4 - регулятор разрежения;

5 - регулирующий; б - АСР давления в ректификационной колонне:

1 - колонна; 2 - дефлегматор; 3 - флегмовая ёмкость; 4 - клапан

Регулирование разряжения в многокорпусной выпарной установке.

В данной системе регулирующим воздействием является расход охлаждающей воды в барометрический конденсатор, который влияет на скорость конденсации вторичного пара.

Регулирования перепада давления. В таких аппаратах регулируется перепад давления, характеризующий гидродинамический режим, который влияет на протекание процесса (рис. 1.24).

1.6.4. Регулирование температуры

Температура является показателем термодинамического состояния системы и используется как выходная координата при регулировании тепловых процессов. Динамические характеристики объектов в системах регулирования температуры зависят от физико-химических параметров процесса и конструкции аппарата. Поэтому общие рекомендации по выбору АСР температуры сформулировать невозможно, и требуется анализ каждого конкретного процесса.

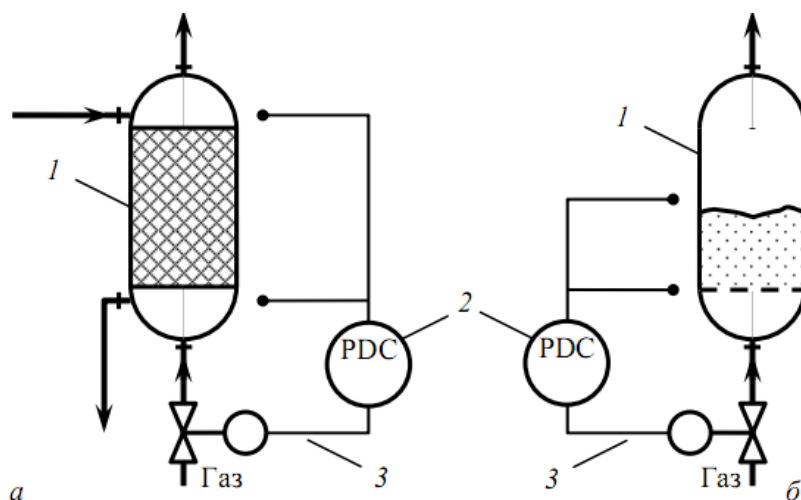


Рис. 1.24. Схема регулирования перепада давления:

- а - в колонном аппарате с насадкой; б - в аппарате с кипящим слоем
(1 - аппарат; 2 - регулятор перепада давления; 3 - регулирующий клапан);
4 - регулятор давления; 5 - регулирующий клапан

К общим особенностям АСР температуры можно отнести значительную инерционность тепловых процессов и промышленных датчиков температуры. Поэтому одна из основных задач при проектировании АСР температуры - уменьшение инерционности датчиков.

Основными направлениями уменьшения инерционности датчиков температуры являются:

- повышение коэффициентов теплоотдачи от среды к чехлу в результате правильного выбора места установки датчика; при этом скорость движения среды должна быть максимальной; при прочих равных условиях более предпочтительна установка термометров в жидкой фазе (по сравнению с газообразной), в конденсирующемся паре (по сравнению с конденсатом) и т.п. -

уменьшение теплового сопротивления и тепловой емкости защитного чехла в результате выбора его материала и толщины;

- уменьшение постоянной времени воздушной прослойки за счет применения наполнителей (жидкость, металлическая стружка); у термоэлектрических преобразователей (термопар) рабочий спай припаивается к защитному чехлу;

- выбор типа первичного преобразователя; например, при выборе термометра сопротивления, термопары или манометрического термометра необходимо учитывать, что наименьшей инерционностью обладает термопара в малоинерционном исполнении, наибольшей - манометрический термометр.

1.6.5. Регулирование pH

Системы регулирования pH можно подразделить на два типа, в зависимости от требуемой точности регулирования. Если скорость изменения pH невелика, а допустимые пределы ее колебаний достаточно широки, применяют позиционные системы регулирования, поддерживающие pH в заданных пределах: $pH_n < pH < pH_v$.

Ко второму типу относятся системы, обеспечивающие регулирование процессов, в которых требуется точное поддержание pH на заданном значении (например, в процессах нейтрализации).

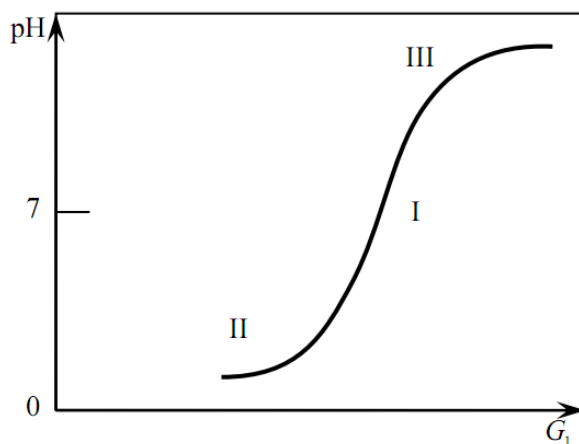


Рис. 1.25. Зависимость величины pH от расхода реагента

Для их регулирования используют непрерывные ПИ- или ПИД-регуляторы.

Общей особенностью объектов при регулировании pH является нелинейность их статических характеристик, связанная с нелинейной зависимостью pH от расходов реагентов. На рис. 1.26 показана кривая титрования, характеризующая зависимость pH от расхода кислоты G_1 . Для различных заданных значений pH на этой кривой можно выделить три характерных участка: первый (средний), относящийся к почти нейтральным средам, близок к линейному и характеризуется очень большим коэффициентом усиления; второй и третий участки, относящиеся к сильно щелочным или кислым средам, обладают наибольшей кривизной.

На первом участке объект по своей статической характеристике приближается к релейному элементу. Практически это означает, что при расчете линейной АСР коэффициент усиления регулятора настолько мал, что выходит за пределы рабочих настроек промышленных регуляторов. Так как собственно реакция нейтрализации проходит практически мгновенно, динамические характеристики аппаратов определяются процессом смешения и в аппаратах с перемешивающими устройствами достаточно точно описываются дифференциальными уравнениями 1-го порядка с запаздыванием. При этом, чем меньше постоянная времени аппарата, тем сложнее обеспечить устойчивое регулирование процесса, так как начинают сказываться инерционность приборов и регулятора и запаздывание в импульсных линиях. Для обеспечения устойчивого регулирования рН применяют специальные системы. На рис. 1.26, а показан пример системы регулирования рН с двумя регулирующими клапанами.

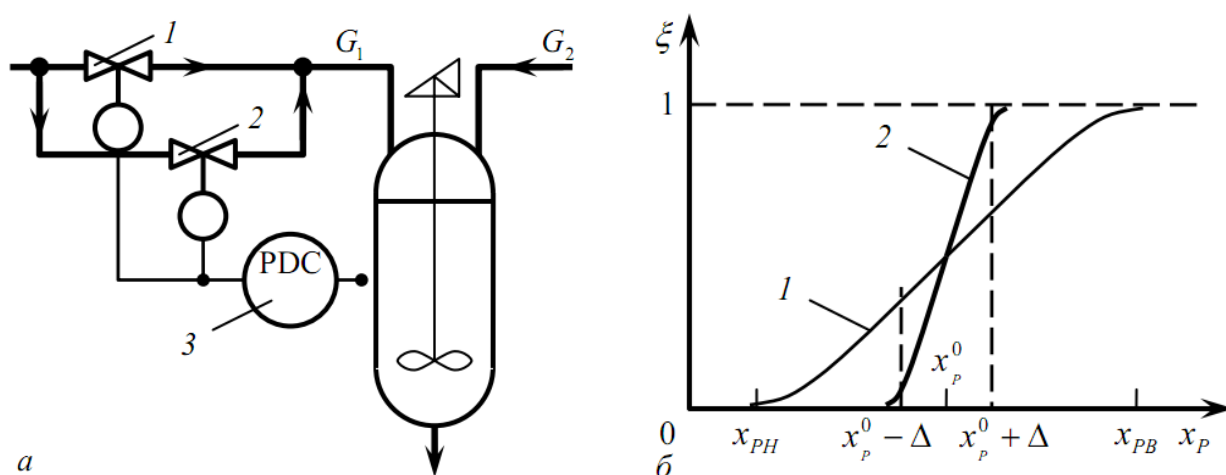


Рис. 1.26. Пример системы регулирования рН: а - функциональная схема; б - статические характеристики клапанов (1, 2 - регулирующий клапан; 3 - регулятор рН)

Клапан 1, обладающий большим условным диаметром, служит для грубого регулирования расхода и настроен на максимальный диапазон изменения выходного сигнала регулятора $[x_{PH}, x_{PB}]$ (рис. 1.26, б, кривая 1). Клапан 2, служащий для точного регулирования, рассчитан на меньшую пропускную способность и настроен таким образом, что при $x_p = x_p^0 + \Delta$ он полностью открыт, а при $x_p = x_p^0 - \Delta$ - полностью закрыт (кривая 2). Таким образом, при незначительном отклонении рН от pH^0 , когда $x_p^0 - \Delta < x_p < x_p^0 + \Delta$, степень открытия клапана 1 практически не изменяется, и регулирование ведется клапаном 2. Если $|x_p - x_p^0|$, клапан 2 остается в крайнем положении, и регулирование осуществляется клапаном 1.

На втором и третьем участках статической характеристики (рис. 1.26, б) ее линейная аппроксимация справедлива лишь в очень узком диапазоне изменения рН, и в реальных условиях ошибка регулирования за счет линеаризации может оказаться недопустимо большой. На рис. 1.27 приведена структурная схема такой АСР. В зависимости от рассогласования рН, включается в работу один из регуляторов, настроенный на соответствующий коэффициент усиления объекта.

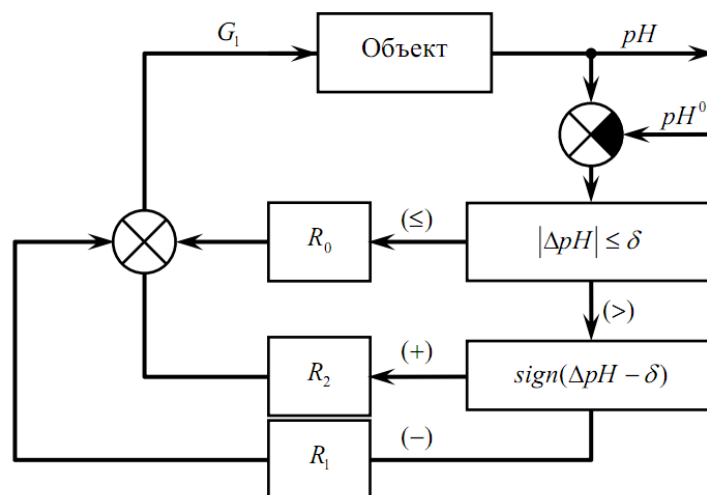


Рис. 1.27. Структурная схема системы регулирования pH с двумя регуляторами

1.6.6. Регулирование параметров состава и качества

В процессах химической технологии большую роль играет точное поддержание качественных параметров продуктов (концентрация определенного вещества в потоке и т.п.). Эти параметры сложно измерить. В некоторых случаях для измерения состава используют хроматографы, которые выдают результаты измерения в дискретные моменты времени (по продолжительности цикла работы хроматографа).

Дискретность измерения может привести к значительным дополнительным запаздываниям и снижению динамической точности регулирования. Чтобы уменьшить нежелательное влияние задержки измерения, используют модель связи качества продукта с переменными, которые измеряют непрерывно. Эта модель может быть достаточно простой; коэффициенты модели уточняют, сравнивая рассчитанное по ней и найденное в результате очередного анализа значение качественного параметра. Таким образом, одним из рациональных способов регулирования качества является регулирование по косвенному вычисляемому показателю с данными прямых анализов. В промежутках между измерениями показатель качества продукта может быть рассчитан экстраполяцией.

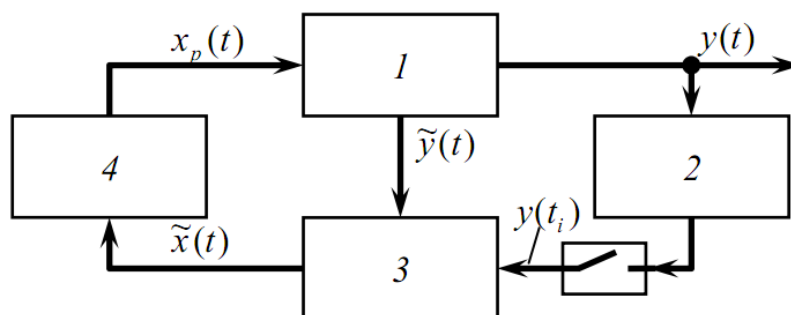


Рис. 1.28. Блок-схема АСР параметра качества уточнением алгоритма его расчета до продукта: 1 - объект; 2 -анализатор качества; 3 - вычислительное устройство; 4 – регулятор ранее измеренных значений

Блок-схема системы регулирования параметра качества продукта показана на рис. 1.28.

Для повышения точности регулирования состава и качества применяют приборы с устройством автоматической калибровки. В этом случае система управления производит периодическую калибровку анализаторов состава, корректируя их характеристики.

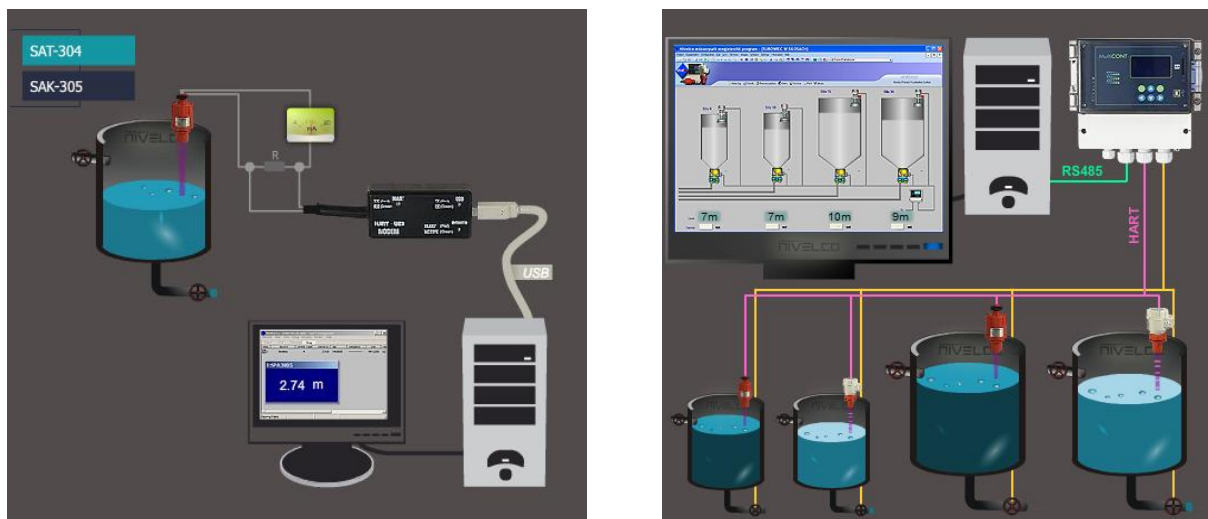


Рис. 1.29. Программа визуализации. Система визуального автоматического регулирования и контроля

2. АВТОМАТИЗАЦИЯ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

2.1. Автоматизация процесса отстаивания жидких систем

Основные принципы управления при автоматизации процессов отстаивания рассмотрим на примере отстойника со скребковым устройством (рис. 2.1).

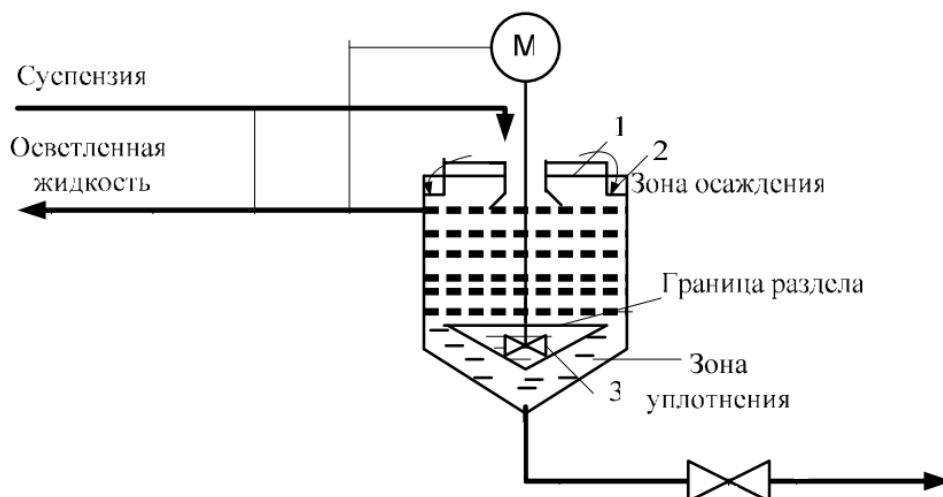


Рис. 2.1. Схема процесса отстаивания: 1 - отстойник; 2 - переливное устройство; 3 - мешалка

Процессы отстаивания проводят, как правило, с целью полного извлечения твердой фазы (ценного продукта) из жидкости.

Показатель эффективности процесса является концентрация твердой фазы в осветленной жидкости.

Целью управления - поддержание ее на заданном (минимально возможном для данных производственных условий) значении.

В объект управления процесса разделения могут поступать многочисленные возмущающие воздействия: изменение расхода суспензии, плотностей твердой и жидкой фаз, концентрации и вязкости суспензии, дисперсности (гранулометрического состава) твердой фазы. Все эти возмущения определяются технологическим режимом предыдущего процесса, поэтому устранить их при управлении процессом отстаивания невозможно. Особенно сильными возмущениями являются изменения расхода суспензии и концентрации твердой фазы в ней.

На твердую частицу суспензии в отстойнике действуют одновременно сила инерции и сила тяжести. Поэтому истинное значение скорости V движущейся частицы является результирующей горизонтальной составляющей и вертикальной составляющей скорости, а положение частицы определяется отношением этих скоростей: если $V_b \ll V_t$, то частица оседает в бункер отстойника; если же $V \gg V_b$, то частица уносится в выходной патрубок. Скорость осаждения V_b частиц, имеющих шарообразную форму, для высококонцентрированных суспензий может быть рассчитана по уравнению

$$V_b = 0,07 \frac{dg(\rho_T - \rho_{ж})\varepsilon^3}{\mu(1 - \varepsilon)},$$

где d — диаметр частицы; g — ускорение свободного падения; ρ_T , $\rho_{ж}$ — плотность соответственно твердой и жидкой фаз; ε — объемная доля жидкости в суспензии; μ — динамическая вязкость суспензии.

Скорость является переменной величиной, зависящей от изменяющихся во времени параметров: диаметра частиц, концентрации твердой фазы, плотностей фаз, динамической вязкости суспензии. Стабилизировать скорость невозможно, так как все перечисленные параметры определяются предшествующим процессом. Для того чтобы при изменяющейся скорости осаждения частицы успевали оседать в бункер, подбирают такие значения расхода суспензии и диаметра отстойника, которые обеспечивают нужное соответствие скоростей. Необходимость в непосредственном регулировании показателя эффективности процесса при этом отпадает.

Уровень жидкости в отстойнике поддерживается постоянным за счет свободного перелива осветленной жидкости.

В отстойнике необходимо поддерживать на постоянной высоте границу раздела зон осаждения и уплотнения. Эта высота зависит от расхода сгущенной суспензии, поэтому регулирующее воздействие вносится изменением степени открытия специальных клапанов (для высоковязких жидкостей) на линии сгущенной суспензии.

В качестве контролируемых величин принимают расходы исходной и сгущенной суспензий, осветленной жидкости, а также мутность осветленной жидкости, которая является косвенным параметром, характеризующим показатель эффективности и плотность сгущенной суспензии. Контролируется, кроме того, уровень границы раздела зон с помощью гидростатического приемника с непрерывной промывкой. Работа механической части отстойников контролируется путем непосредственного измерения момента на валу двигателя. Можно проводить контроль и по косвенному параметру мощности, потребляемой приводом электродвигателя. Перегрузка электродвигателя сигнализируется. В случае повышенных перегрузок дается сигнал в схему защиты. Сигнализации подлежит также повышение мутности осветленной жидкости.

2.1.1. Регулирование изменения расхода суспензии

В отдельных случаях расход исходной суспензии не зависит от предшествующего технологического процесса; тогда его можно изменять, стабилизируя мутность осветленной жидкости, то есть уменьшать при увеличении мутности выше заданного значения и увеличивать при уменьшении. При отсутствии датчика мутности расход суспензии стабилизируют, что приводит к ликвидации одного из самых сильных возмущений.

2.1.2. Регулирование плотности сгущенной суспензии

В ряде отстойников проводится процесс сгущения суспензии до заданного содержания твердой фазы (влажность осадка при отстаивании может колебаться от 35 до 55 %); при этом содержание твердой фазы в сливе приобретает второстепенное значение. В этом случае идут по пути регулирования плотности сгущенной суспензии изменением ее расхода.

В отдельных технологических схемах при повышенных требованиях к концентрации твердой фазы в сгущенной суспензии применяют рециркуляцию части сгущенной суспензии из промежуточной емкости. В этих случаях плотность регулируют путем изменения коэффициента рециркуляции, то есть отношения расхода циркулирующей жидкости к общему расходу сгущенной суспензии (рис. 2.2).

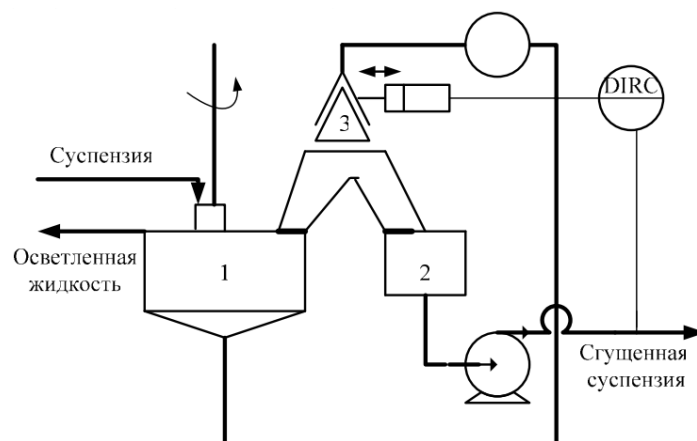


Рис. 2.2. Схема регулирования плотности сгущенной суспензии с рециркуляцией:
1 - отстойник; 2 - промежуточная емкость; 3 - регулятор перераспределения расходов

2.1.3. Регулирование подачи коагулянта

Для лучшего отстаивания некоторых веществ в суспензию добавляют коагулянт - вещество, способствующее коагулированию (укрупнению) твердой фазы. Расход коагулянта изменяют в зависимости от высоты границы раздела между зонами уплотнения и осаждения или в зависимости от расхода исходной суспензии.

2.1.4. Регулирование режима работы гребкового механизма

Плотность осадка можно регулировать и по косвенному параметру - нагрузке на валу гребкового устройства, которая связана прямой зависимостью с плотностью сгущенной суспензии в нижней части отстойника. Регулятор нагрузки в этом случае последовательно воздействует сначала на исполнительный механизм на магистрали сгущенной суспензии, а затем на привод подъема скребков. При перегрузке привода происходит подъем скребкового устройства, и наоборот.

2.1.5. Управление процессом противоточного отстаивания

В случае если один отстойник не справляется с поставленной задачей, устанавливают несколько аппаратов, соединяя их по противоточной схеме. Степень извлечения твердой фазы, обеспечиваемая всей схемой, во многом определяется работой первого отстойника, поэтому для управления процессом отстаивания в нем регулируют плотность сгущенной суспензии и высоту раздела зон (подачей коагулянта); контролируют расход суспензии и щелоков, мутность осадка. Требования к работе следующих отстойников менее жесткие, поэтому на них установлены только регуляторы плотности сгущенной суспензии, а расход коагулянта изменяется вручную.

2.1.6. Управление отстойником периодического действия

В промышленности находят применение отстойники периодического действия, в которых выгрузка осадка является отдельной операцией. Для автоматического перевода отстойника с режима отстаивания на режим выгрузки на определенной высоте аппарата устанавливают датчик прозрачности, который дает сигнал на закрытие трубопровода исходной суспензии и включение откачивающего насоса.

2.2. Автоматизация процесса кристаллизации

Основные принципы управления процессом кристаллизации рассмотрим на примере кристаллизатора с выносным холодильником (рис. 2.3).

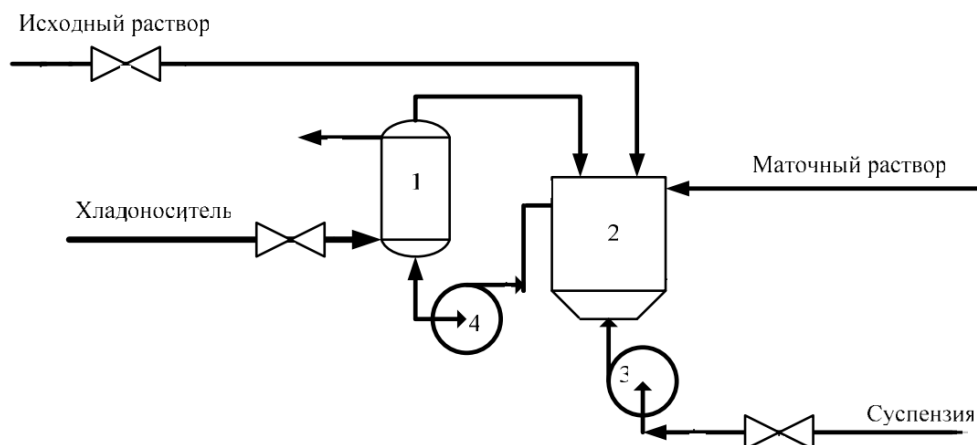


Рис. 2.3. Схема процесса кристаллизации: 1 - холодильник; 2 - кристаллизатор; 3 - насос для суспензии; 4 - циркуляционный насос

Показателем эффективности процесса является размер полученных кристаллов. Для обеспечения текучести и неслеживаемости кристаллических веществ необходимо получать кристаллы одинакового размера, что и является целью управления. Размер кристаллов определяется, с одной стороны, условиями, при которых проводится процесс (температурой в аппарате, интенсивностью охлаждения и перемешивания раствора), а с другой - свойствами поступающего на кристаллизацию раствора (степенью насыщения твердой фазой, то есть начальной концентрацией, а также температурой, содержанием примесей и т. д.).

Температура в аппарате будет постоянной при соблюдении теплового баланса процесса:

$$G_p c_p t_p + G_x c_x t_x' + G_{кр} r_{кр} = G_{м.р.} C_{м.р.} t_{м.р.} + G_c c_c t_c + G_x c_x t_x'',$$

где G_p , $G_{м.р.}$, G_c , G_x — расходы соответственно раствора, маточного раствора, суспензии, хладоносителя; $G_{кр}$ — количество образующихся кристаллов в единицу времени; c_p , $c_{м.р.}$, c_c , c_x — удельные теплоемкости соответственно раствора, маточного раствора, суспензии, хладоносителя; t_p , $t_{м.р.}$, t_c — соответственно температуры раствора, маточного раствора, суспензии; t_x' , t_x'' — соответственно начальная и конечная температуры хладоносителя; $r_{кр}$ — теплота кристаллизации.

Постоянство температуры в кристаллизаторе можно обеспечить изменением расхода хладоносителя. Интенсивность охлаждения раствора при постоянной температуре в аппарате будет определяться скоростью прохождения раствора через аппарат; для поддержания ее на постоянном уровне стабилизируют расход раствора. Интенсивность перемешивания раствора в кристаллизаторе при использовании насоса с постоянными характеристиками можно считать постоянной.

Концентрация твердой фазы в исходном растворе, температура его и наличие примесей являются начальными параметрами процесса, определяемыми предыдущим технологическим процессом. Их изменения будут приводить к нарушению технологического режима кристаллизации.

В связи с тем, что в кристаллизатор поступают многочисленные возмущения, в качестве регулируемой величины следовало бы взять размеры кри-

сталлов. Однако пока отсутствуют датчики как непосредственного, так и косвенного измерения размеров-кристаллов, поэтому ограничиваются стабилизацией температуры в аппарате. Для поддержания материального баланса кристаллизатора следует стабилизировать уровень в аппарате. Регулирующим воздействием при этом может быть изменение расхода суспензии. Маточный раствор выводится из аппаратов за счет перелива, поэтому его расход не регулируется. Стабилизация указанных параметров, как правило, обеспечивает заданные размеры кристаллов.

Контролировать следует расходы поступающего раствора, маточного раствора, суспензии и хладоносителя, их температуру, уровень и температуру в кристаллизаторе. Контролируются и сигнализируются, кроме того, параметры насосов раствора и суспензии.

2.2.1. Регулирование концентрации кристаллов в суспензии

В отдельных случаях параметром, характеризующим процесс кристаллизации, является концентрация кристаллов в суспензии. Тогда, требуется управлять процессом таким образом, чтобы концентрация кристаллов была постоянной, максимально возможной для данных условий. Концентрация кристаллов в суспензии в некоторой степени характеризует и их размеры; например, чем больше концентрация, тем интенсивнее процесс кристаллизации и тем больше размер кристаллов. На практике концентрацию кристаллов определяют по плотности суспензии.

Регулирующие воздействия следует вносить путем изменения расхода исходной смеси; все остальные узлы регулирования остаются теми же, что при типовом решении.

Объект управления

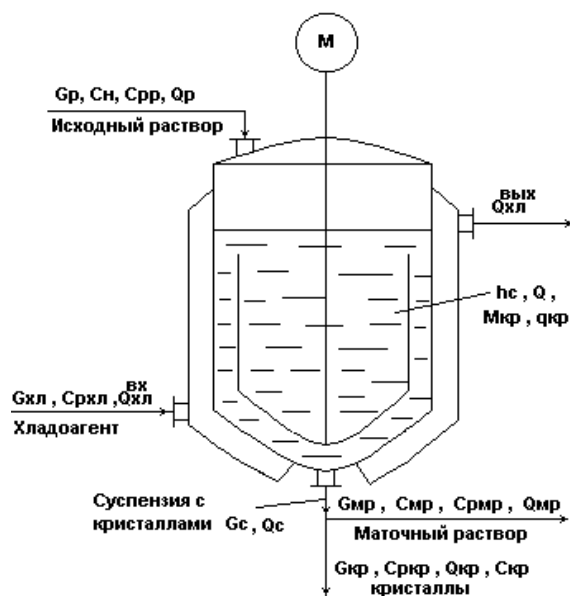


Рис. 2.4. Кристаллизатор непрерывного действия с мешалкой

В схеме принято:

$G_c = G_{mr} + G_{kr}$; $\theta_{mr} = \theta_{kr} = \theta_c = \theta$; $C_{kr} = 1$, т.е. кристаллы чистые.

2.2.2. Работа объекта

Исходный горячий насыщенный раствор подается сверху в аппарат, где охлаждается с помощью хладоносителя, подаваемого в рубашку и становится пересыщенным.

В результате пересыщения раствора и при интенсивном перемешивании происходит кристаллизация целевого компонента из раствора с образованием кристаллов ($M_{kr} \rightarrow G_{kr}$).

При этом концентрация раствора понижается и оставшаяся жидкая фаза G_{mr} в смеси с G_{kr} в виде потока суспензии G_c выводится из процесса.

Показатель эффективности процесса - диаметр кристаллов, d_{kr} .

Цель управления процессом - обеспечение $d_{kr} = d_{kr}^{зд}$.

Регулирование:

- регулирование θ в аппарате по подаче хладоагента $G_{хл}$;
- регулирование h по отбору маточного раствора G_{mr} ;
- стабилизация расхода исходного раствора G_r ;

Контроль: расходы, температуры, уровень

2.2.3. Регулирование кристаллизатора выпарного типа

Кристаллизацию за счет испарения части растворителя проводят в аппаратах выпарного типа, поэтому регулирование процессов в таких аппаратах аналогично регулированию процесса выпаривания.

На рисунке 4 показана схема регулирования испарителя кристаллизатора с естественной циркуляцией. Особенностью схемы является регулирование перепада уровней в верхней и нижней камерах выпарного аппарата.

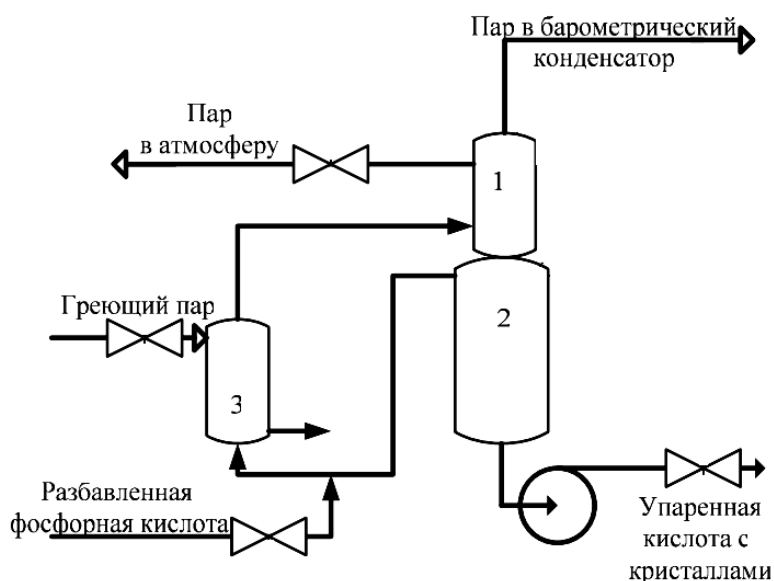


Рис. 2.5. Схема одноступенчатого кристаллизатора выпарного типа:

1 - верхняя камера; 2 - нижняя камера

2.3. Автоматизация процесса перемешивания

2.3.1. Общая характеристика процессов перемешивания в жидких средах

Перемешивание - гидромеханический процесс взаимного перемещения частиц в жидкой среде с целью их равномерного распределения во всем объеме под действием импульса, передаваемого среде мешалкой, струей жидкости или газа (Тябин Н.В., с.95).

Цели перемешивания

Создание суспензий - обеспечение равномерного распределения твердых частиц в объеме жидкости;

Образование эмульсий, аэрация - равномерное распределение и дробление до заданных размеров частиц жидкости в жидкости или газа в жидкости;

Интенсификация нагрева или охлаждения обрабатываемых масс; Интенсификация массообмена в перемешиваемой системе (*растворение, выщелачивание*).

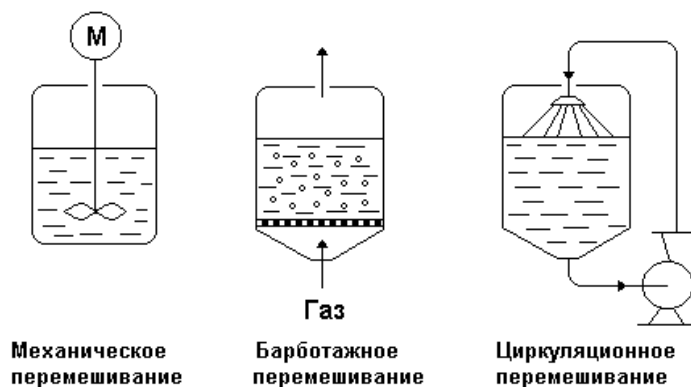


Рис. 2.6. Основные схемы перемешивания

Механическое - перемешивание мешалками, вращающимися в аппарате с перемешиваемой средой.

Барботажное - перемешивание путем пропускания через жидкую среду потока воздуха или газа, раздробленного на мелкие пузырьки, которые, поднимаясь в слое жидкости под действием Архимедовой силы, интенсивно перемешивают жидкость.

Циркуляционное перемешивание - перемешивание, осуществляемое путем создания многократных циркуляционных потоков в аппарате с помощью насоса.

2.3.2. Объект управления

Объект управления - емкость с мешалкой, аппарат непрерывного действия, в котором смешиваются две жидкости А (с концентрацией целевого компонента C_A) и Б (с концентрацией целевого компонента C_B) для получения гомогенизированного раствора с заданной концентрацией целевого компонента $C_{см}$.

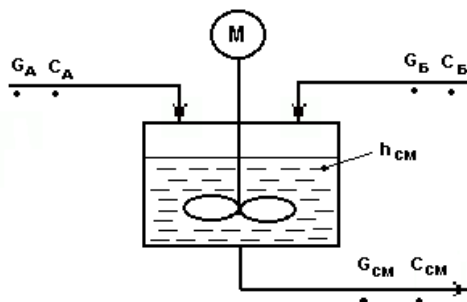


Рис. 2.7. Схема объекта управления

Показатель эффективности процесса - концентрация целевого компонента в гомогенизированном растворе (смеси) - $C_{см}$.

Цель управления процессом - обеспечение заданной концентрации смеси при эффективном и интенсивном перемешивании.

Эффективность перемешивания обеспечивается выбором параметров аппарата, перемешивающего устройства, числа оборотов мешалки, обеспечивающих равномерность концентрации смеси в аппарате с заданной интенсивностью (т.е. за заданное время).

Однако в реальных условиях технологические объекты подвержены действию *внешних и внутренних возмущений*, которые приводят к отклонению технологических режимов работы от расчетных.

Задача разработки системы автоматизации обеспечить в условиях действия внешних и внутренних возмущений в процессе эффективное и интенсивное его функционирование с требуемыми характеристиками качества.

Типовое решение автоматизации:

- регулирование концентрации $C_{см}$ по подаче реагента G_A ;
- регулирование уровня в аппарате $h_{см}$ по подаче реагента G_B ;
- контроль (расходы, концентрация, уровень);
- сигнализация;
- система защиты.

2.4. Автоматизация процессов адсорбции и экстракции

2.4.1. Фильтрация жидких систем

В качестве объекта управления при фильтровании жидких систем примем барабанный (дисковый) вакуум-фильтр (рис. 2.8).

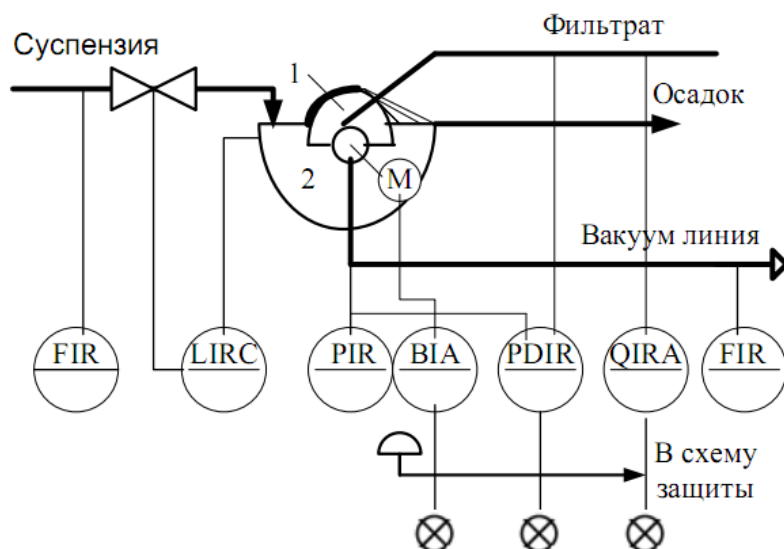


Рис. 2.8. Схема автоматизации процесса фильтрации жидких систем:
1 – барабан (диск); 2 – ванна

Фильтровальные аппараты устанавливают, как правило, с той же целью, что и центрифуги, поэтому и цели управления в обоих случаях совпадают. То же можно сказать и о возмущающих воздействиях, а также о выборе таких технологических и конструктивных параметров установки, которые обеспечили бы минимально возможную (для конкретных условий) влажность осадка. Устройства регулирования устанавливают на данном объекте только для обеспечения определенной производительности по осадку. Эта производительность для выбранного типа фильтра может быть выражена следующим образом:

$$V_T = K \sqrt{\frac{\Delta P [C_{T.C.} / (1 - C_{T.C.} C_{ж.о.})] n l}{\eta \alpha}},$$

где K - постоянный коэффициент; ΔP - разность давлений до и после фильтровальной ткани; $C_{T.C.}$ - масса твердых частиц на единицу объема жидкости исходной суспензии; $C_{ж.о.}$ - объем жидкости в осадке на единицу массы твердых частиц; n - частота вращения барабана (диска); l - часть барабана (диска), погруженная в жидкость (определяется уровнем суспензии в ванне); η - кинематическая вязкость жидкости; α - среднее удельное сопротивление осадка.

Как следует из уравнения, производительность V_T пропорциональна $(\Delta P l n)^{0,5}$. Параметры ΔP и n не изменяются при использовании асинхронных двигателей в качестве привода вакуум-насоса и барабана (диска). Поэтому единственным параметром, который следует стабилизировать, будет l , т. е. уровень суспензии в ванне. Регулирующим воздействием в данном случае служит изменение расхода суспензии.

Серьезной опасностью при работе вакуум-фильтров является прорыв фильтровальной ткани, так как через отверстия в ней будет теряться целевой продукт. Для предотвращения таких ситуаций устанавливают датчики мутности фильтрата, а также устройства сигнализации и защиты. Кроме того, на ва-

куум- фильтре устанавливают еще один датчик сигнализации и защиты – датчик перегрузки электродвигателя барабана. Контролю подлежат расходы суспензии и фильтрата, уровень жидкости в ванне, разрежение в вакуум линии, перепад давления до и после фильтровальной ткани, мутность фильтрата, мощность электродвигателя.

2.4.2. Регулирование толщины осадка

Толщина осадка является важнейшим режимным параметром. Увеличение толщины приводит к значительному повышению влажности осадка, поэтому целесообразна стабилизация этого параметра. С этой целью регулирующие воздействия могут быть внесены как изменением вакуума, так изменением скорости вращения барабана. Необходимо отметить узкий диапазон возможных регулирующих воздействий в последнем варианте, что связано с увеличением влажности осадка при значительном повышении скорости вращения.

2.4.3. Адсорбция

В качестве объекта управления возьмем противоточный непрерывно действующий аппарат 1 с кипящим (псевдоожиженным) слоем мелкозернистого адсорбента на тарелках 2 (рис. 2.9). На верхнюю тарелку такого аппарата подается адсорбент с помощью дозатора 3. Под действием силы тяжести адсорбент проваливается с тарелки на тарелку и выводится из нижней части абсорбера; газ же движется снизу вверх и выводится из верхней части аппарата.

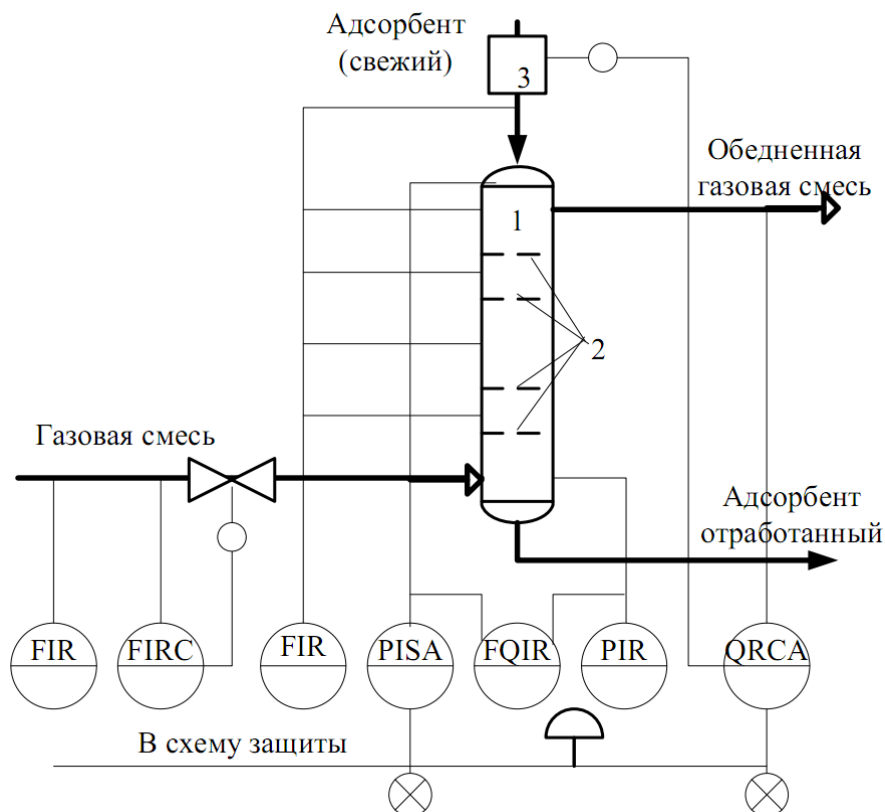


Рис. 2.9. Схема автоматизации процесса адсорбции:
1 – адсорбционная колонна; 2 – тарелки; 3 – дозатор

Показатель эффективности, цель управления и закономерности такого процесса адсорбции аналогичны процессу абсорбции, поэтому решения по автоматизации этих процессов одни и те же. Основным контуром регулирования является регулятор концентрации адсорбируемого компонента в отходящем газе, а регулирующее воздействие осуществляется изменением расхода адсорбента (корректировкой работы дозатора 3).

Для устранения возмущения по каналу расхода газовой смеси этот расход стабилизируют. Контролю подлежат расход газовой смеси, конечная концентрация адсорбируемого компонента, температуры газовой смеси и адсорбента, температуры по высоте адсорбера, давления в верхней и нижней частях колонны, перепад давления между ними. Сигнализации подлежат концентрация адсорбируемого компонента в отходящем газе и давление в колонне; при резком возрастании последнего должно сработать устройство защиты.

2.4.4. Регулирование гидравлического сопротивления колонны

Одним из важных параметров процесса адсорбции в псевдоожиженном слое является перепад давлений между верхней и нижней частями колонны. При постоянном расходе газовой смеси этот параметр определяется массой адсорбента на тарелках, поэтому регулирующее воздействие при стабилизации перепада давления осуществляется корректировкой работы дозирующего устройства. При использовании такой схемы обычно отпадает необходимость в регулировании конечной концентрации адсорбируемого компонента. Можно использовать двухконтурную систему, основным параметром которой будет конечная концентрация, а вспомогательным – перепад давлений.

Перепад давления по всей колонне, в конечном счете, определяется количеством адсорбента, поступающего на верхнюю тарелку, то есть перепадом давления на ней. В связи с этим можно идти по пути постоянной стабилизации этого параметра, так как он значительно менее инерционен, чем перепад по всей колонне.

2.4.5. Регулирование аппаратов с провальными тарелками переменного сечения

Если конструкция тарелок позволяет изменять их проходное сечение, появляется еще один канал регулирующего воздействия. Обычно поперечное сечение тарелок поддерживают на таком значении, чтобы перепад давления на отдельных тарелках был постоянным. Работа тарелок такой конструкции может быть настроена и на дискретный режим, когда порция адсорбента одновременно подается на верхнюю тарелку и остается там в течение заданного времени; затем проходное сечение тарелки открывается, и адсорбент проваливается на нижележащую тарелку и т. д. Для управления такими тарелками устанавливают программное устройство, которое в соответствии с жесткой временной программой открывает и закрывает проходные сечения тарелок. Это же устройство при сбрасывании адсорбента с верхней тарелки выдает сигнал дозатору на начало загрузки ее свежим адсорбентом. Загрузка продолжается

до того момента, когда перепад давления на верхней тарелке становится равным заданному.

2.4.6. Регулирование десорбторов с кипящим слоем

Выделение из адсорбента поглощенного вещества проводится в псевдоожиженном слое противоточных тарельчатых сорбционных аппаратов. Адсорбент после адсорбера (рисунок 2.11) подается на верхнюю тарелку, а в нижнюю часть поступает нагретый воздух после калорифера.

Как и для процесса адсорбции, система регулирования десорбера включает узлы регулирования перепада давления в колонне и расхода воздуха. Кроме того, для лучшего выделения поглощенного вещества стабилизируют температуру воздуха после калорифера изменением расхода теплоносителя.

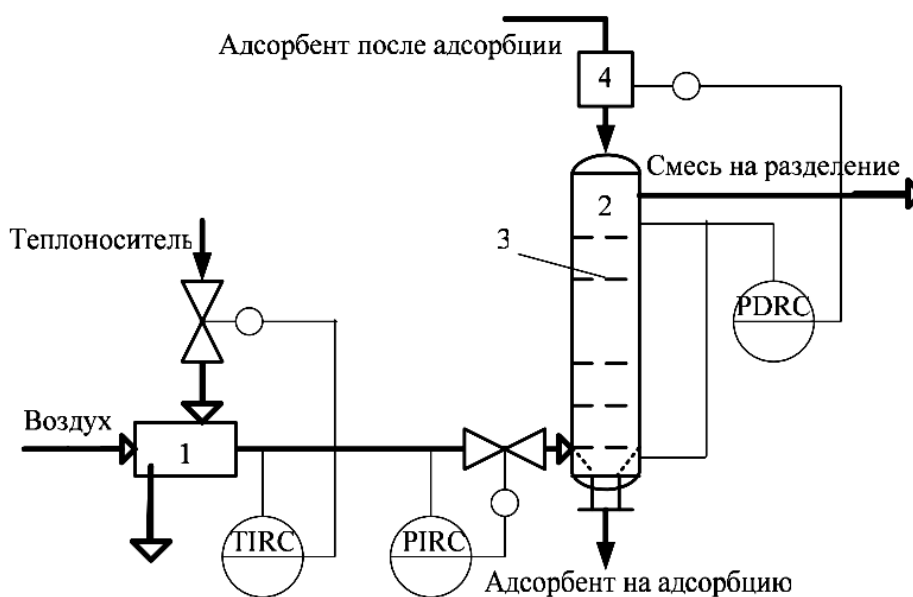


Рис. 2.11. Схема регулирования процесса десорбции в кипящем (псевдоожиженном) слое:
1 – калорифер; 2 – десорбционная колонна; 3 – тарелки; 4 – дозатор

2.4.7. Автоматизация процесса экстракции

Жидкостной экстракцией называют диффузионный процесс перехода экстрагируемого вещества или веществ из одной жидкой фазы в другую при условии, что эти жидкости взаимно не растворимы или растворимы частично. В результате получают экстракт – раствор извлеченных веществ в экстрагенте и рафинате – остаточный исходный раствор. Экстракт и рафинат разделяют – обычно отстаиванием. Далее из экстракта извлекают целевой продукт, а из рафината регенерируют экстрагент.

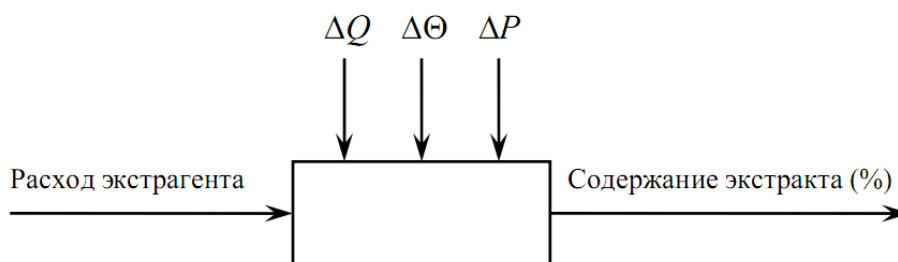


Рис. 2.12. Структурная схема объектов управления: ΔQ , ΔP , $\Delta \Theta$ – колебания концентрации, температуры, давления

Методы экстракции:

- Экстракция одним экстрагентом системы из двух компонентов.
- Экстракция двумя экстрагентами в системах из четырех компонентов.
- Однократная экстракция.
- Многоступенчатая экстракция.
- Многократная противоточная экстракция.

Задача управления процессом экстракции – получение экстракта с заданным содержанием экстрагируемого компонента, которое является основной регулируемой величиной, а расход экстракта основной регулирующей величиной.

В промышленности экстракцию проводят в экстракторах различных конструкций. Рассмотрим схему регулирования насадочных экстракционных колонн, в которых исходный раствор и экстрагент движутся в противотоке (рис. 2.13).

На содержание экстрагируемого компонента в экстракте влияют не только расход экстрагента, но и расход исходного раствора, а также содержание экстрагируемого вещества в исходном растворе и экстрагенте.

Простейшая схема стабилизации потоков процесса экстракции предусматривает количество подачи исходного раствора и экстрагента в колонну. Уровень раздела фаз измеряют гидростатическими или поплавковыми уровнями. Такая схема регулирования удовлетворительно поддерживает содержание экстрагируемого компонента в экстракте на заданном значении только при практически постоянном его содержании в исходном растворе и экстрагенте.

При переменном составе исходного раствора в систему регулирования расхода экстрагента вводят дополнительный контур регулирования состава одного из потоков на выходе из колонны.

В качестве объекта управления процессом экстракции примем противоточный насадочный экстрактор (рис. 2.13), в нижнюю часть которого подают исходный раствор, а в верхнюю – растворитель.

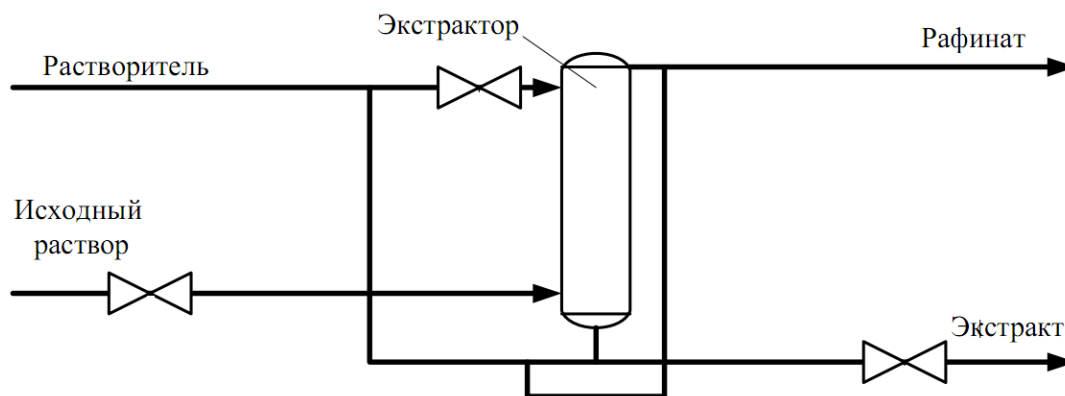


Рис. 2.13. Схема процесса экстракции

В связи с тем, что процессы адсорбции и экстракции во многом характеризуются аналогичными зависимостями, большая часть решений, разработанных для абсорбции, применима и для экстракции. Так, *показателем эффективности* процесса экстракции является концентрация извлекаемого компонента в рафинате, а *целью управления* - достижение определенного значения этой концентрации.

В объект управления поступают *возмущающие воздействия*: изменение концентрации извлекаемого компонента в исходном растворе, температур исходного раствора и растворителя, состава растворителя, расхода исходного раствора. Поэтому в качестве главной *регулируемой величины* принимают концентрацию извлекаемого компонента в рафинате или какой-либо параметр, косвенно характеризующий эту концентрацию (вязкость, плотность, коэффициент рефракции, показатель преломления).

Единственным и очень действенным каналом внесения *регулирующих воздействий* является регулирование соотношения расходов исходного раствора и растворителя путем изменения расхода растворителя. Расход же исходного раствора следует стабилизировать для ликвидации возмущения по этому каналу.

Для обеспечения материального баланса колонны необходимо поддерживать в ней постоянный уровень рафината посредством перелива и регулировать уровень раздела фаз изменением расхода экстракта.

Для управления процессом экстракции следует контролировать расход и температуру исходного раствора и растворителя, рафината и экстракта, концентрацию извлекаемого компонента в рафинате, уровень раздела фаз, давление в колонне. Сигнализации подлежит резкое увеличение извлекаемого компонента в рафинате.

2.5. Управление теплообменными процессами

Цель: изучить особенности процесса управления теплообменными процессами.

Задачи: рассмотреть основные принципы управления процессами нагревания, конденсации, охлаждения, на примере классических схем регулирования изучить типовое решение автоматизации.

Основные принципы управления процессом нагревания рассмотрим на примере поверхностного кожухотрубчатого теплообменника (рис.), в который подают нагреваемый продукт и теплоноситель. Показателем эффективности – температура продукта на выходе из теплообменника, а целью управления – поддержание этой температуры на определенном уровне.

Расход теплоносителя можно легко стабилизировать или использовать для внесения эффективных регулирующих воздействий. Расход продукта определяется другими технологическими процессами, поэтому он не может быть стабилизирован. Начальные температуры продукта и теплоносителя, а также их удельные теплоемкости определяются технологическими режимами других процессов, поэтому стабилизировать их при ведении процесса нагревания невозможно. К неликвидируемым возмущениям относятся изменения температуры окружающей среды и свойств теплопередающей стенки вследствие отложения солей и коррозии.

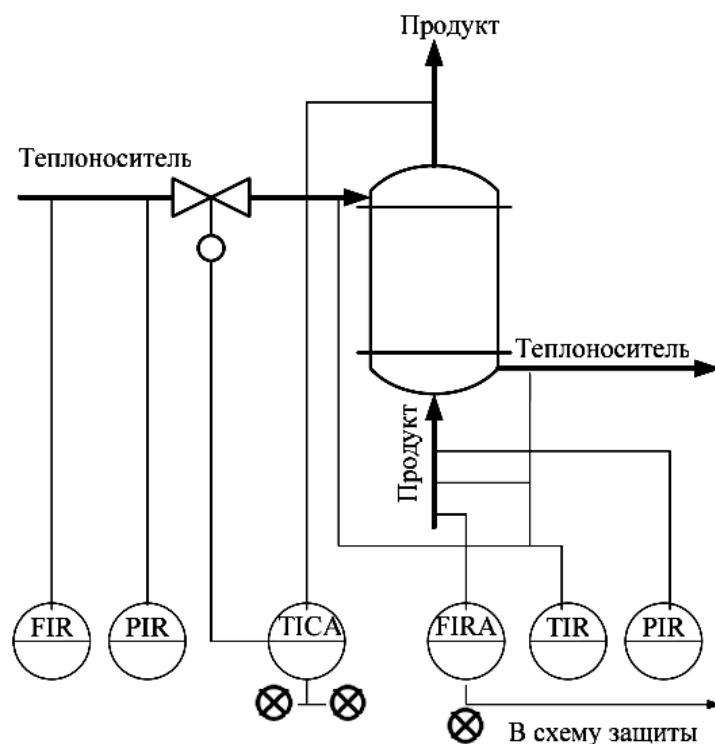


Рис. 2.14. Схема автоматизации процесса нагревания поверхностного кожухотрубчатого теплообменника

В качестве регулируемой величины нужно брать температуру, а регулирующее воздействие осуществлять путем изменения расхода.

В качестве контролируемых величин следует принимать расходы теплоносителей, их конечные и начальные температуры, давления.

Сигнализации подлежат температура и расход продукта. Поскольку резкое падение расхода продукта может послужить причиной выхода из строя

теплообменника, устройство защиты в этом случае должно перекрывать линию подачи теплоносителя.

2.5.1. Каскадное регулирование

Использование двухконтурных АСР значительно улучшает качество регулирования конечной температуры продукта, если вспомогательной регулируемой величиной выбрать параметр, изменение которого будет сильным возмущением для процесса теплообмена. Часто в качестве вспомогательного параметра выбирают расход теплоносителя (рис. 2.15); если теплоносителем служит пар с переменным давлением, то предпочтительнее измерять давление теплоносителя или давление в межтрубном пространстве.

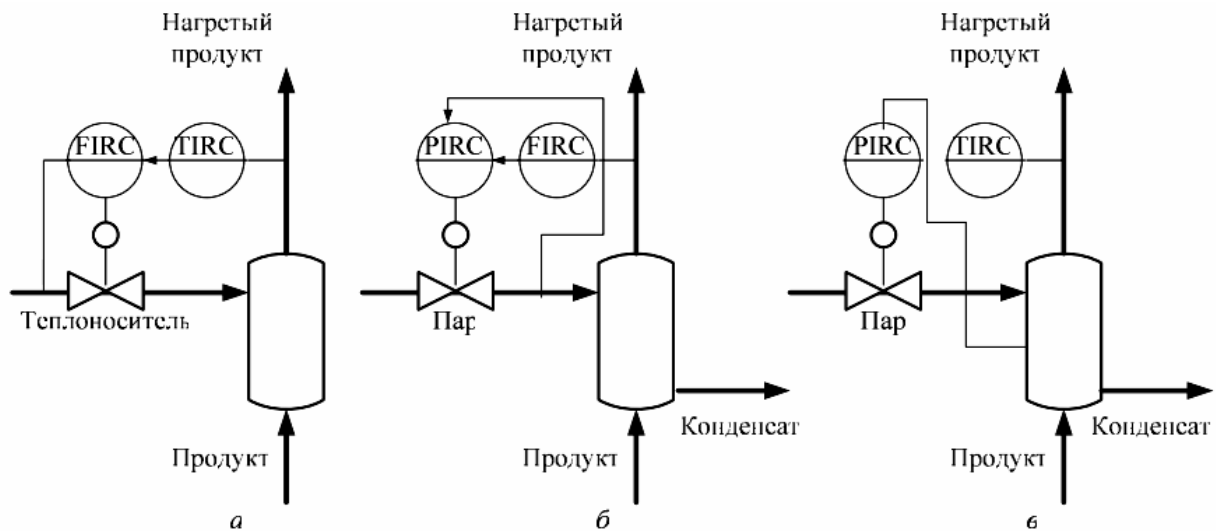


Рис. 2.15. Двухконтурные системы регулирования процесса нагревания с использованием в качестве вспомогательной регулируемой величины расхода теплоносителя (а), давления пара (б) и давления в межтрубном пространстве

Регулирование поверхностных теплообменников заключается в поддержании постоянства температуры одного из теплоносителей на выходе из теплообменника, например, T_2 .

Температура T_2 зависит от скорости передачи тепла или теплового потока q через стенку; в свою очередь эта температура определяется движущей силой процесса или средним температурным напором $\Delta T_{\text{ср}}$. Величина $\Delta T_{\text{ср}}$ зависит от значений температур теплоносителей на входе и выходе теплообменника и, в частности, от температуры T_2 .

Если по условиям технологии не допускается изменение потоков теплоносителей, то температуру продукта на выходе из теплообменника регулируют путём байпасирования части продукта и изменения его расхода. При этом регулирующий клапан устанавливают на байпасной линии. Такие схемы применяют, например, при использовании тепла горячих промежуточных или конечных продуктов для нагрева исходного сырья. Отметим, что байпасирование одного из теплоносителей требует некоторого увеличения поверхности теплообменника и большего расхода греющего агента (для

переохлаждения или перегрева продукта) чем при дросселировании. Однако при этом улучшаются динамические характеристики системы регулирования вследствие исключения теплообменника из контура регулирования и уменьшения времени запаздывания объекта.

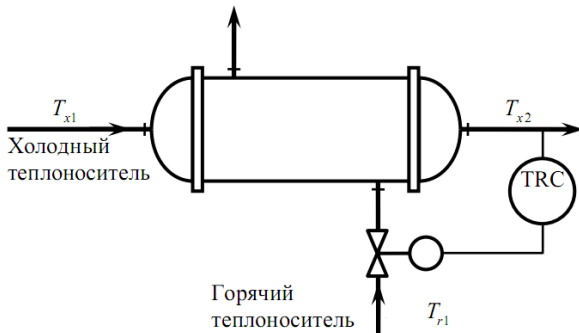


Рис. 2.16. Схема регулирования поверхностного теплообменника воздействием на расход горячего теплоносителя

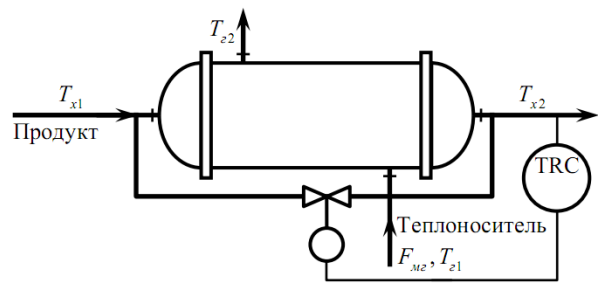


Рис. 2.17. Схема регулирования поверхностного теплообменника байпасированием холодного теплоносителя (продукта)

2.5.2. Регулирование байпасированием продукции

Для регулирования систем, в которых изменение расхода теплоносителя недопустимо, используют метод байпасирования. Регулирующее воздействие в этом случае осуществляется изменением расхода байпасируемого продукта (рис. 2.18, а). Регулирование расхода методом байпасирования улучшает динамическую характеристику системы, так как при этом из цепи регулирования исключается теплообменник.

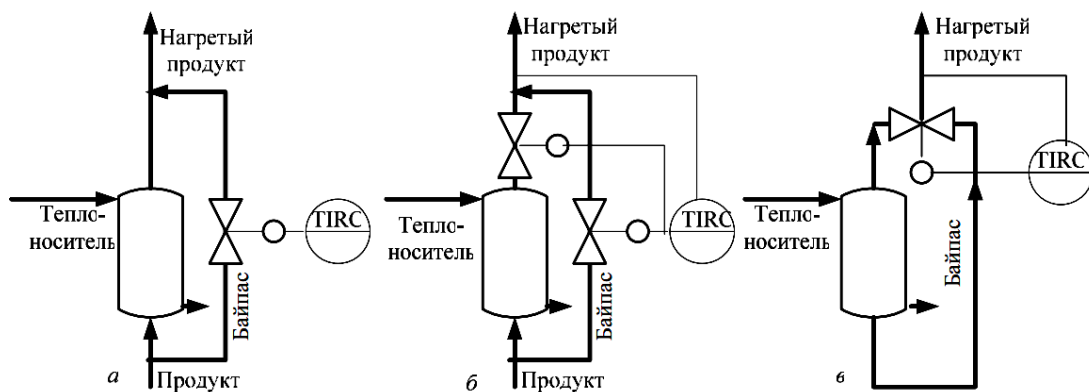


Рис. 2.18. Схема регулирования температуры изменением расхода продукта в байпасном трубопроводе: а – с помощью одного клапана; б – с помощью двух клапанов; в – с помощью трехходового клапана

2.5.3 Регулирование изменением расхода продукта

Если для качественного управления процессом теплообмена допустимо изменение или стабилизация расхода продукта, то, в зависимости от возможных возмущающих воздействий, может быть принят один из вариантов схем регулирования, показанных на рис. 2.19.

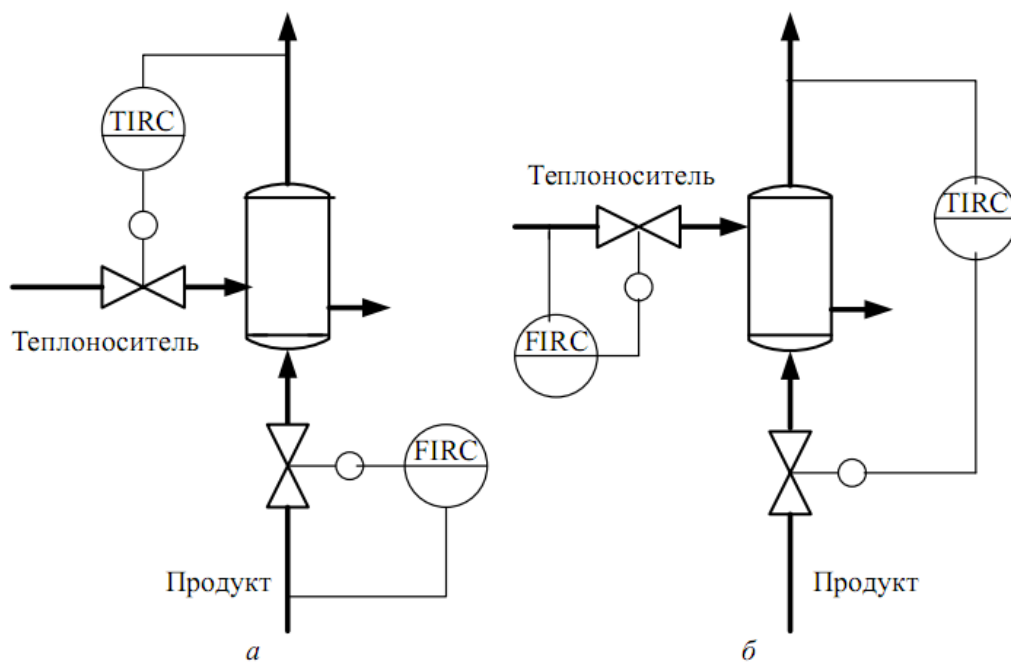


Рис. 2.19. Схема регулирования процесса нагрева: а – со стабилизацией расхода продукта; б – с изменением расхода продукта в зависимости от конечной температуры. Стабилизирующие регуляторы расхода теплоносителя и расхода продукта ликвидируют возмущения до поступления их в систему

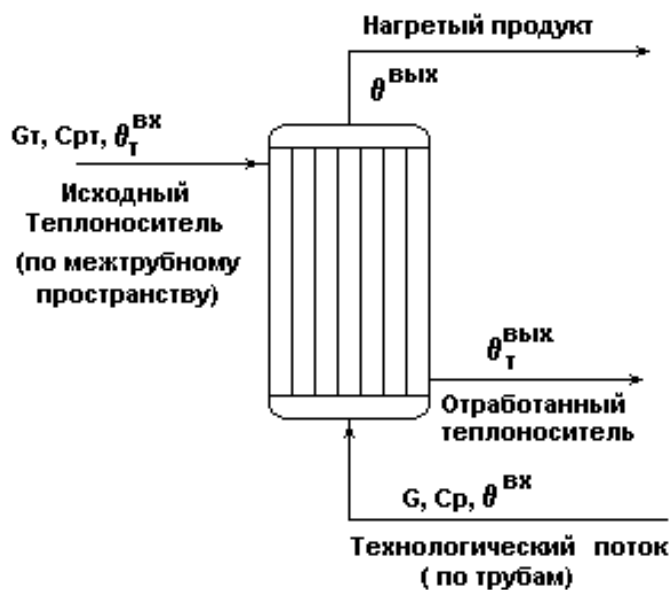


Рис. 2.20. Схема кожухотрубного теплообменника с неизменяющимся агрегатным состоянием веществ

Технологический процесс: нагревание технологического потока G до температуры $\theta^{вых}$ с помощью теплоносителя G_T с неизменяющимся агрегатным состоянием.

Показатель эффективности: $\theta^{вых}$.

Цель управления: поддержание $\theta^{вых} = \theta_{зд}$.

2.5.4. Типовое решение автоматизации

Типовое решение автоматизации кожухотрубных теплообменников включает в себя подсистемы регулирования, контроля, сигнализации и защиты.

1. Регулирование.

Регулирование температуры $\theta^{\text{вых}}$ по подаче теплоносителя G_T

2. Контроль.

расходы
температуры
давление

3. Сигнализация.

существенные отклонения $\theta^{\text{вых}}$ от задания;
резкое падение расхода технологического потока $G \downarrow$, при этом формируется сигнал «В схему защиты».

4. Система защиты.

По сигналу «В схему защиты» - отключается магистраль подачи теплоносителя G_T .

2.6. Автоматизация процесса выпаривания

Основные принципы управления процессом выпаривания рассмотрим на примере однокорпусной выпарной установки естественной циркуляции (рис. 2.21). Показателем эффективности – концентрация упаренного раствора, а целью управления – поддержание определенного значения этой концентрации.

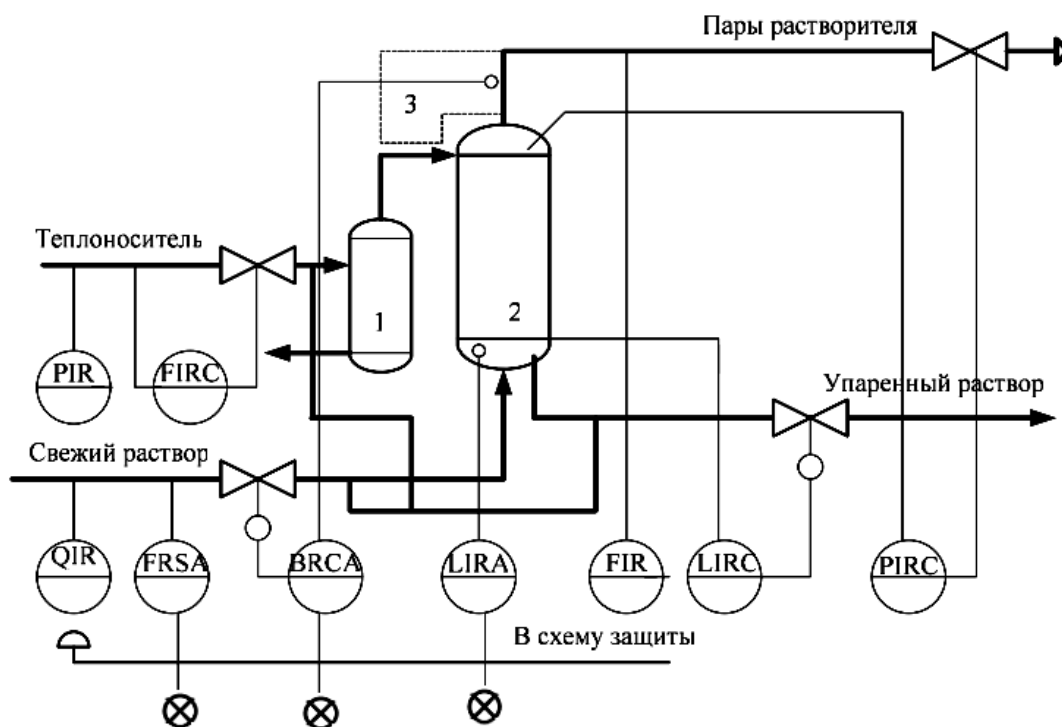


Рис. 2.21. Схема автоматизации процесса выпаривания: 1 – кипятильник; 2 – выпарной аппарат; 3 – устройство для измерения температурной депрессии

Расход свежего раствора можно стабилизировать или изменять для достижения цели управления процессом выпаривания. Его уменьшение приводит к снижению скорости движения раствора по аппарату и, следовательно, к увеличению концентрации. Это же можно сказать и о расходе упаренного раствора. Концентрация свежего раствора определяется предшествующими технологическими процессами; ее изменения будут сильными возмущениями для процесса выпаривания. Расход паров растворителя определяется параметрами исходного раствора, а также режимными технологическими параметрами в аппарате: температурой, давлением, концентрацией раствора и интенсивностью подвода тепла.

Достаточно стабилизировать давление или температуру. В большинстве случаев это – давление в аппарате, которое можно регулировать изменением отбора пара из аппарата. Интенсивность подвода тепла к кипятильнику определяется параметрами теплоносителя: расходом, температурой, давлением и энтальпией.

Сильным возмущением процесса выпаривания, как правило, является и «засоление» греющей камеры теплообменника. В качестве главной регулируемой величины брать концентрацию, а регулирующее воздействие вносить изменением расхода свежего раствора. Можно в качестве регулирующего воздействия использовать и изменение расхода упаренного раствора, а также расхода теплоносителя.

О концентрации упаренного раствора можно судить и по другим косвенным параметрам: плотности, удельной электропроводности, показателю преломления света или температуре замерзания упаренного раствора.

Для достижения цели управления процессом следует регулировать температурную депрессию, давление в аппарате и расход теплоносителя.

Для поддержания материального баланса в аппарате необходимо регулировать уровень раствора изменением расхода упаренного раствора.

В процессе выпаривания контролируют расходы растворов, а также паров растворителя; температуры растворов; температуру, давление и расход теплоносителя; давление, температуру и уровень в аппарате; температурную депрессию. Сигнализации подлежат отклонение концентрации упаренного раствора от заданного значения и прекращение подачи раствора. В последнем случае устройство защиты должно отключить линию теплоносителя для предотвращения порчи продукта и аварии.

Концентрация упаренного раствора зависит от расхода, концентрации и температуры исходного раствора, расхода и давления греющего пара, давления в выпарных аппаратах. В соответствии с целью управления схемой автоматизации предусматривают регулирование концентрации упаренного раствора.

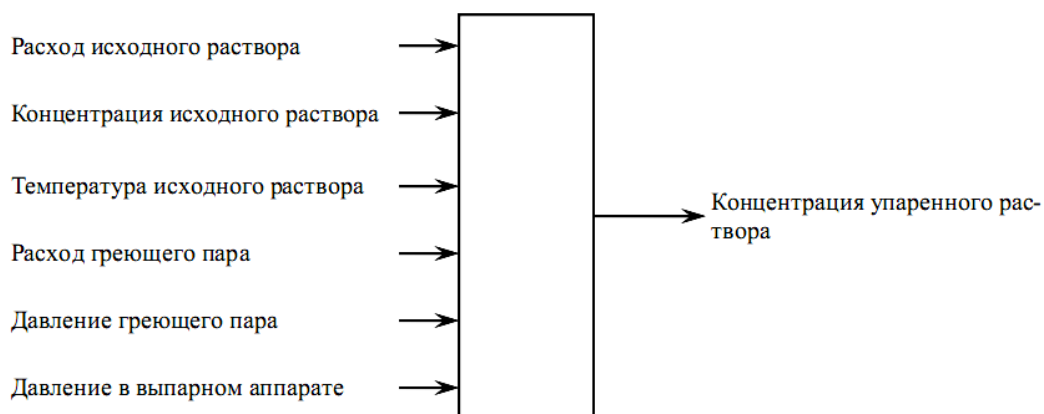


Рис. 2.22. Структурная схема процесса выпаривания

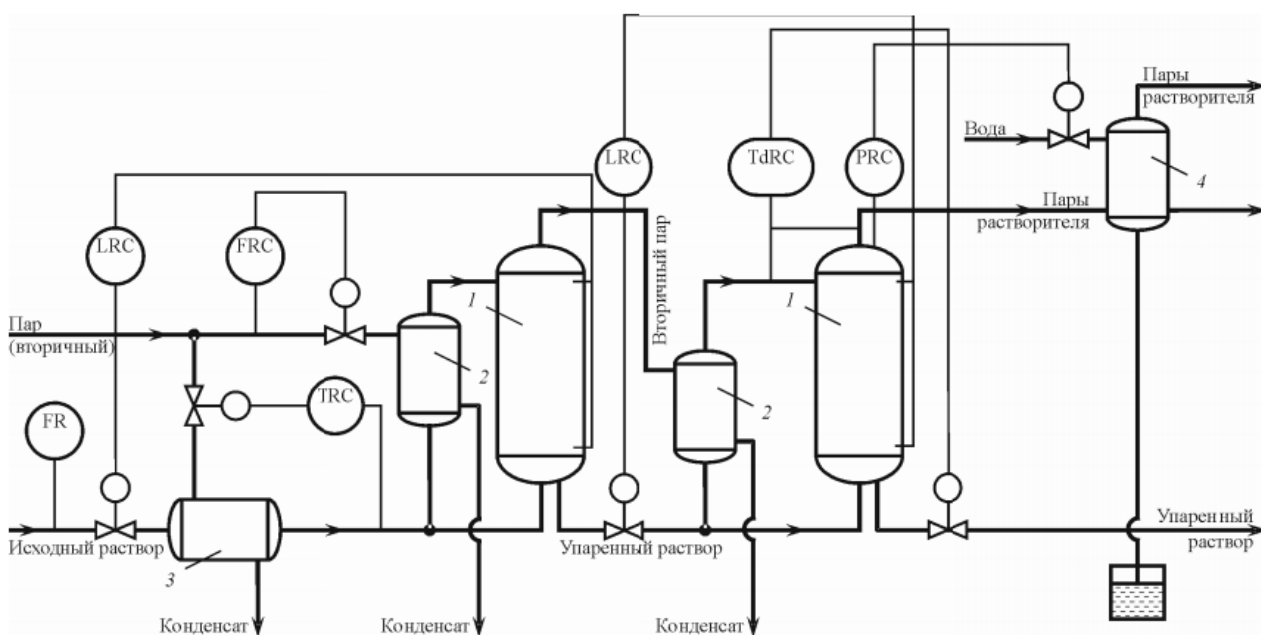


Рис. 2.23. Схема стабилизации технологических величин выпарной установки:
1 – выпарной аппарат; 2 – кипятильник; 3 – теплообменник;
4 – барометрический конденсатор

Концентрацию Q_u легко измерить кондуктометрическим методом, по плотности раствора, по показанию преломления света или по величине температурной депрессии раствора, т. е. по разности температур кипения $T\Delta$ раствора и растворителя.

Этот метод вследствие простоты и наличия однозначной зависимости между величинами Q_u и $T\Delta$ при постоянном давлении применяют довольно часто. При этом (рис.2.23) первичный измерительный преобразователь температуры кипения раствора устанавливают на трубопроводе кипящего раствора после кипятильника, и измерительный преобразователь температуры кипения растворителя – на трубопроводе отвода паров растворителя. Эти приборы комплектуют передающими преобразователями, сигнал на выходе, которого, пропорционален разности температур $T\Delta$. Регулятор концентрации воздействует на клапан, установленный на линии отвода упаренного раствора из по-

следнего выпарного аппарата. При возрастании, например, текущей концентрации относительно заданного значения регулятор увеличивает расход упаренного раствора, что уменьшает время пребывания его в аппарате и вызывает понижение концентрации раствора до заданного значения.

При отводе упаренного раствора из последнего аппарата по его концентрации материальный баланс установки поддерживают сохраняя равенство между количеством растворенного вещества, уходящим из установки, и количеством вещества, поступающим с исходным раствором. Это обеспечивается поддержанием постоянства уровня в выпарных аппаратах путем воздействия на клапаны, установленные на трубопроводах подачи раствора в соответствующий аппарат. При возрастании расхода упаренного раствора, уровень в аппарате понижается, что вызывает увеличение подачи раствора в аппарат. В качестве измерительных преобразователей АСР уровня раствора в выпарных аппаратах 1 обычно используют гидростатические уровнемеры.

Тепловой баланс выпаривания при небольших колебаниях расхода исходного раствора обеспечивают регулятором расхода на трубопроводе подачи греющего пара в кипятильник 2 первого корпуса установки. Нормальный тепловой режим работы выпарной установки возможен только при подаче исходного раствора с постоянной температурой T_n близкой к температуре кипения раствора. Для достижения этого устанавливают регулятор температуры исходного раствора, выходной сигнал которого воздействует на клапан изменяющий подачу греющего пара в теплообменник-подогреватель исходного раствора 3. Если весь вторичный пар из предыдущего корпуса направляется в кипятильник 2 последующего, то давление (разрежение) стабилизируют только в последнем корпусе, изменяя с помощью регулятора количество отводимых из него паров растворителя.

Этого обычно достигают путем изменением подачи охлаждающей воды в барабанный конденсатор 4. При такой схеме регулирования в корпусах устанавливаются все меньшие давления по ходу раствора, и обеспечивается разность температур между вторичным паром из предыдущего корпуса и раствором, кипящим в последующем корпусе, т. е. обеспечивается движущая сила процесса выпаривания.

Концентрацию упаренного раствора Q_u можно также регулировать изменением расхода раствора, подаваемого на последний корпус из предыдущего. Упаренный раствор из последнего корпуса, в этом случае, отводят по команде регулятора по уровню. При таких схемах регулирования материального баланса выпарной установки количество поступающего на нее исходного раствора определяется условиями ее работы. Это требует установки дополнительной технологической емкости исходного раствора.

Не рекомендуется стабилизировать концентрацию упаренного раствора в последнем корпусе воздействием на подачу свежего раствора на установку. Вследствие большого запаздывания объекта такая схема не обеспечит высокого качества регулирования.

2.6.1. Регулирование концентрации упаренного раствора изменением его расхода

В отдельных случаях для предотвращения оголения греющих труб кипятильника предъявляют повышенные требования к узлу регулирования уровня в выпарном аппарате.

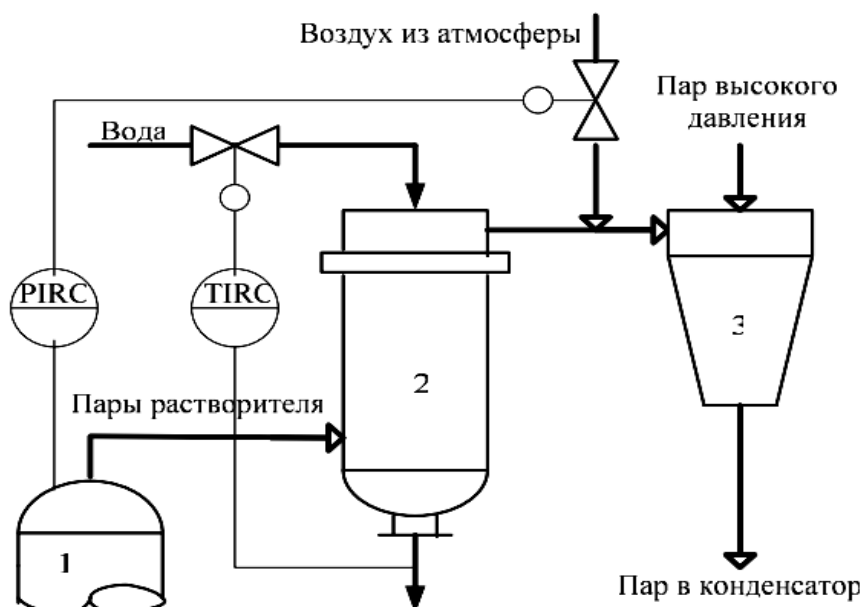


Рис. 2.24. Схема регулирования системы создания вакуума: 1 – выпарной аппарат; 2 – барометрический конденсатор; 3 – вакуумнасос

Качество регулирования уровня можно улучшить, внося регулирующие воздействия изменением расхода свежего раствора. Концентрацию упаренного раствора в этих случаях стабилизируют изменением расхода упаренного раствора, а узлы регулирования расхода теплоносителя и давления в аппарате остаются прежними.

2.6.2. Объект управления

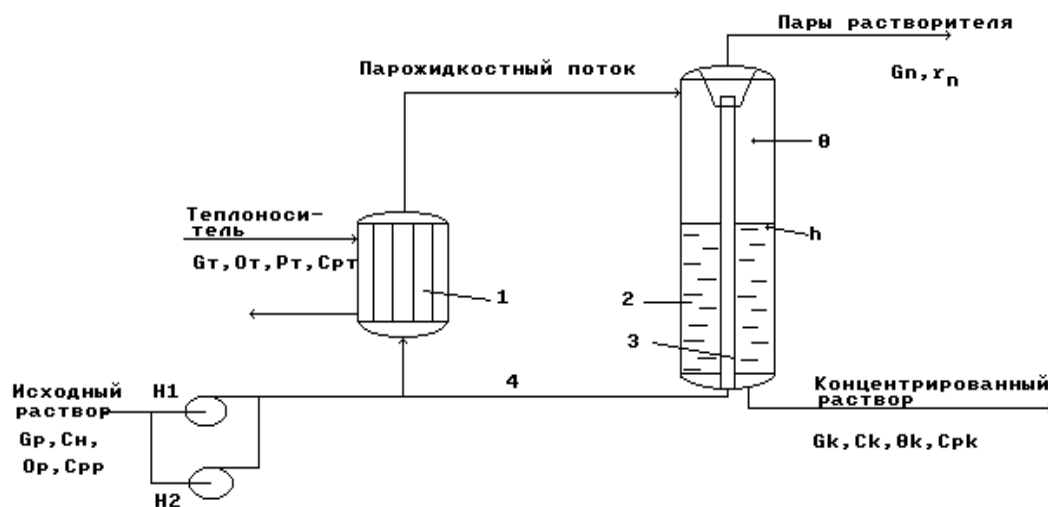


Рис. 2.25. Схема выпарной установки естественной циркуляции с вынесенной греющей камерой: 1 - греющая камера; 2 - выпарной аппарат; 3 - брызгоулавливатель; 4 - циркуляционная труба

2.6.3. Работа установки

Исходный раствор подается по трубам кипятильника 1, где нагревается до температуры кипения с образованием парожидкостной смеси, которая далее поступает в выпарной аппарат (сепаратор) 2.

В сепараторе 2 парожидкостная смесь разделяется на паря растворителя и концентрированный раствор.

Пары растворителя проходят через брызгоулавливатель 3 и выводятся из процесса из верха сепаратора в виде парового потока $G_{\text{п}}$.

Выделенная брызгоулавливателем жидкая фаза из паров растворителя возвращается в кипятильник 1 по циркуляционной трубе 4.

Сконцентрированный раствор в виде потока $G_{\text{к}}$ выводится из низа сепаратора.

Показатель эффективности процесса - концентрация концентрированного раствора $c_{\text{к}}$.

Цель управления - обеспечение $c_{\text{к}} = c_{\text{к}}^{\text{зд}}$ (на максимально возможном для данной установки значении).

Предпочтительные управляющие воздействия:

- для обеспечения теплового баланса процесса - расход теплоносителя $G_{\text{т}}$;
- для косвенного регулирования показателя эффективности процесса

$\theta_{\text{анн}} = f(c_{\text{к}})$ - расход исходного раствора $G_{\text{р}}$.

В типовом решении автоматизации:

- для косвенного регулирования показателя эффективности процесса выпаривания используют не температуру в аппарате, а температурную депрессию: $\Delta_{\text{д}} = \theta_{\text{р-ра}}^{\text{кипп}} - \theta_{\text{р-ж}}^{\text{кипп}} = f(c_{\text{к}})$.

Типовое решение автоматизации процесса выпаривания.

Регулирование температурной депрессии $\Delta_{\text{д}}$ по подаче исходного раствора $G_{\text{р}}$. Регулирование давления в сепараторе $P_{\text{п}}^{\text{анп}}$ по отбору паров растворителя $G_{\text{п}}$. Регулирование уровня в сепараторе $h_{\text{к}}$ по отбору концентрированного раствора $G_{\text{к}}$. Стабилизация расхода теплоносителя $G_{\text{т}}$.

Контроль: расходы, температуры, давление, уровень концентрированного раствора в аппарате.

Сигнализация: существенные отклонения $\Delta_{\text{д}} = f(c_{\text{к}})$ от задания;

Схема защиты: прекращение подачи исходного раствора $G_{\text{р}}$, при этом формируется сигнал «В схему защиты».

2.7. Автоматизация процесса сушки

2.7.1. Теоретическое описание автоматизации процесса сушки

Процесс сушки обычно регулируют по влажности теплоносителя на выходе из барабана. Регулятор влажности воздействует на клапан, установленный на линии подачи топливного газа в топку. Вследствие того, что температурное распределение теплоносителя по длине барабана приближенно соответствует абсолютной влажности твердого материала, подачу топливного газа можно регулировать по температуре влажного воздуха на выходе из установки. Для более качественной сушки необходимо вручную корректировать за-

дание регулятора влажности или температуры воздуха по данным лабораторного остаточной влажности высушиваемого материала.

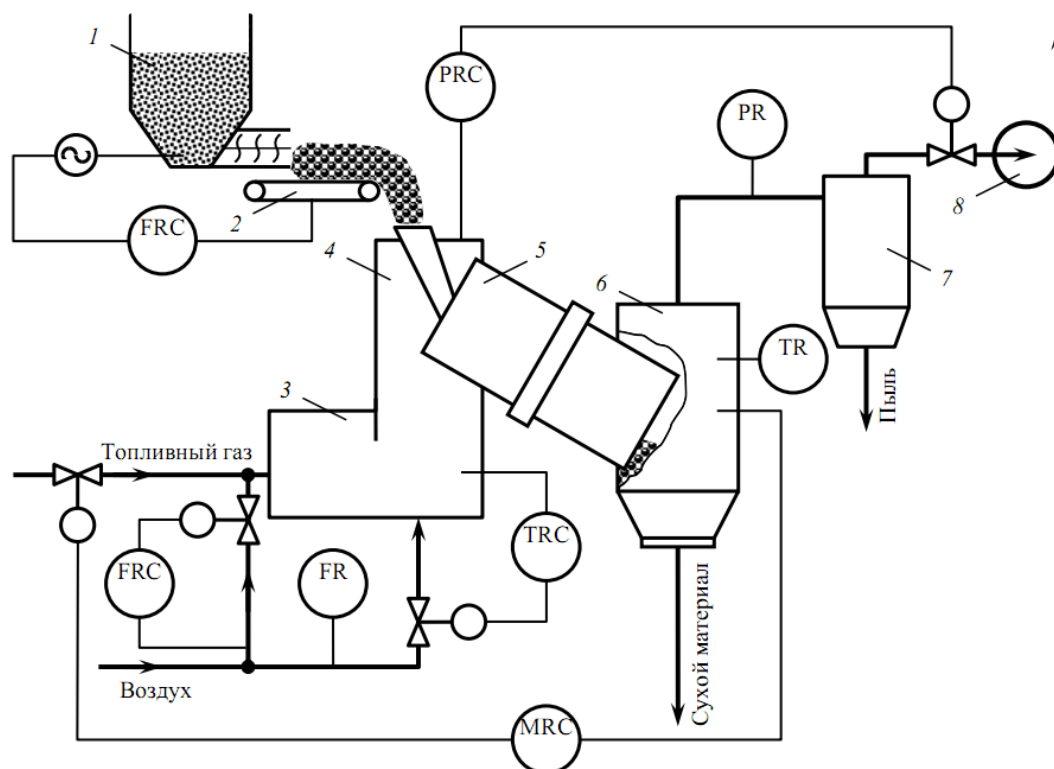


Рис. 2.26. Схема стабилизации процесса сушки в барабанной сушилке.

1 – бункер влажного материала; 2 – дозатор; 3 – печь; 4 – смесительная камера; 5 – сушильная камера; 6 – бункер сухого материала; 7 – циклон; 8 – вентилятор

Для полного сгорания топливного газа в топку подают первичный воздух, количество которого поддерживают постоянным, с помощью регулятора расхода. Требуемая температура воздуха на входе в барабан обеспечивается регулятором температуры, воздействующим на подачу вторичного воздуха в камеру смешения. Нагрузку сушилки по влажному материалу стабилизируют с помощью АСР расхода, в которую входит измеритель массы, автоматический регулятор, вторичный прибор со станцией управления и ленточный дозатор с регулируемой скоростью передвижения ленты (выступает в качестве регулирующего органа).

При уменьшении количества твердого материала на ленте относительно заданного значения регулятор вырабатывает сигнал, ускоряющий ее движение, и наоборот. В результате обеспечивается постоянство расхода твердого материала в сушильный барабан.

Нагрузка объекта по сушильному агенту (воздух) поддерживается на постоянном значении регулятором разрежения воздуха в смесительной камере воздействующим на клапан, установленный на линии отвода воздуха после циклона. При постоянном гидравлическом сопротивлении барабана и отсутствии подсоса воздуха из атмосферы система регулирования разрежения обеспечивает постоянство скорости прохождения сушильного агента вдоль барабана. Оптимальное значение скорости устанавливают с учетом того, что с ее

увеличением, возрастает скорость сушки твердого материала и одновременно увеличиваются потери тепла с отработанным воздухом. Контролю и регистрации подлежат расходы топливного газа и вторичного воздуха, а также разрежение и температура в бункере сухого материала.

2.7.2. Объект управления

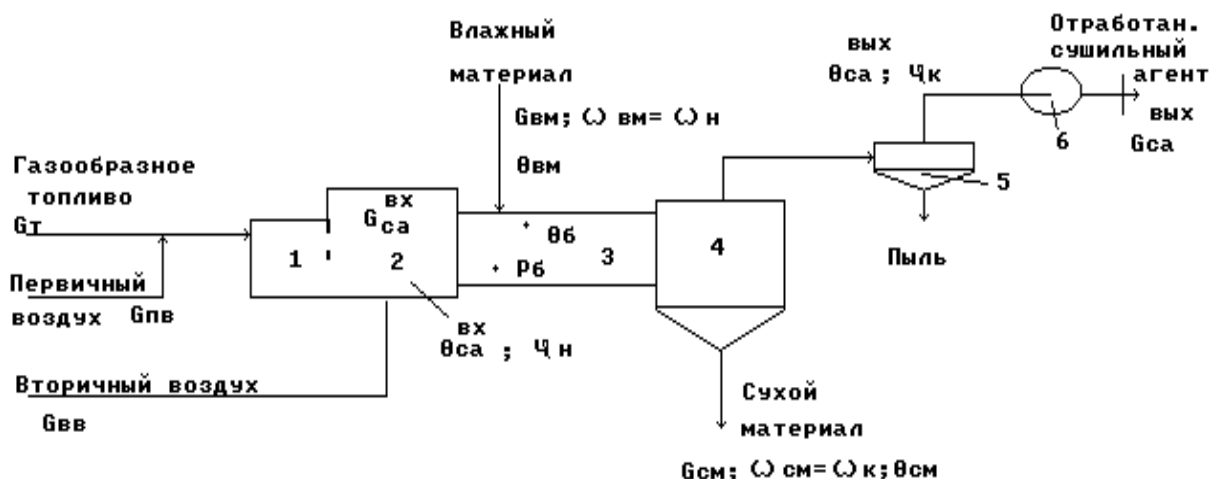


Рис. 2.27. Схема барабанной сушилки прямого действия: 1 - топка; 2 - смесительная камера; 3 - сушильный барабан; 4 - бункер сухого материала; 5 - циклон; 6 - вентилятор

Газообразное топливо G_T подается с первичным воздухом $G_{ПВ}$ через горелки в топку 1, где сжигается для получения сушильного агента. Формирование сушильного агента осуществляется в смесительной камере 2, куда подается вторичный воздух $G_{ВВ}$. Влажный материал подается с помощью автоматического дозатора 7 в сушильный барабан 3. Барабан наклонно расположен и вращается со скоростью 4-5 об/мин, так что материал перемещается вдоль барабана и высушивается к моменту попадания в бункер 4 до определенной влажности $\omega_{см}$. Сухой материал $G_{см}$ отгружается из бункера 4 автоматическим дозатором 7. Отработанный сушильный агент $G_{сч}$ в циклоне 5 очищается от пыли и вентилятором 6 выводится из процесса.

Показатель эффективности процесса - влажность сухого материала $\omega_{см}$.

Цель управления процессом - поддержание $\omega_{см} = \omega_{см}^{зд}$.



Рис. 2.28. Структурная схема топки и смесительной камеры

1. Регулирование.

Регулирование $\omega_{см}$ по подаче топлива G_T

Регулирование соотношения расходов топлива G_T и первичного воздуха $G_{пв}$ по подаче первичного воздуха $G_{пв} = \gamma * G_m$

Регулирование температуры сушильного агента на входе в барабан $\theta_{са}^{вх}$ по подаче вторичного воздуха $G_{вв}$.

Регулирование разрежения в барабане $P_{са}^6$ по отбору отработанного сушильного агента $G_{са}^{вых}$

Стабилизация расходов влажного и сухого материала $G_{вм}$ и $G_{см}$ автоматическими дозаторами

2. Контроль.

расходы

температуры

разрежение

влажность

3. Сигнализация.

существенные отклонения $\omega_{см}$ от $\omega_{зд}$;

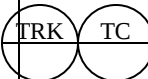
значительное повышение $\theta_{са}^{вх}$;

Незапланированное отключение привода, при этом формируется сигнал «В схему защиты».

4. Система защиты.

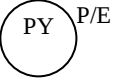
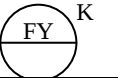
По сигналу «В схему защиты» - прекратить подачу материала и топлива в сушильный агрегат.

3. ПРИМЕРЫ ПОСТРОЕНИЯ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ ПРИБОРОВ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

	Первичный измерительный преобразователь для измерения температуры, установленный по месту (например, термоэлектрический преобразователь (термопара), термопреобразователь сопротивления, термобаллон манометрического термометра, датчик пирометра и т.д.).
	Прибор для измерения температуры показывающий (термометры ртутный, манометрический и т.д.).
	Прибор для измерения температуры показывающий, установленный на щите (милливольтметр, логометр, потенциометр (типа КСП и др.), мост автоматический (типа КСМ и др) и т.д.).
	Прибор для измерения температуры бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту.
	Прибор для измерения температуры однократный регистрирующий, установленный на щите (милливольтметр самопишущий, логометр, потенциометр и т.д.).
	Прибор для измерения температуры с автоматическим обеганием устройством регистрирующий, установленный на щите (термометр манометрический, милливольтметр, потенциометр, мост и т.д.).
	Прибор для измерения температуры регистрирующий, регулирующий, установленный на щите (термометр манометрический, милливольтметр, потенциометр и т.д.).
	Регулятор температуры бесшкальный, установленный по месту (дилатометрический регулятор температуры и др.).
	Комплект для измерения температуры регистрирующий, регулирующий, снабженный станцией управления, установленный на щите (пневматический вторичный прибор, например, ПВ 10.1Э системы «Старт» с регулирующим блоком ПР 3.31).
	Прибор для измерения температуры бесшкальный с контактным устройством, установленный по месту (реле температурное).
	Байпасная панель дистанционного управления, установленная на щите.
	Переключатель электрических цепей измерения (управления), переключатель для газовых (воздушных) линий, установленный на щите.
	Прибор для измерения давления (разряжения), показывающий, установленный по месту (любой показывающий манометр, дифманометр, напоромер и т.д.).
	Прибор для измерения перепада давления показывающий, установленный по месту (дифманометр показывающий).

PT	Прибор для измерения давления (разряжения) бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту (дифманометр бесшкальный с пневмо- или электропередачей).
PR	Прибор для измерения давления (разряжения) регистрирующий, установленный на щите (самопишущий манометр или любой другой вторичный прибор для регистрации давления).
PS	Прибор для измерения давления с контактным устройством, установленный по месту (реле давления).
PIS	Прибор для измерения давления (разряжения) показывающий с контактным устройством, установленный по месту (электроконтактный манометр и т.д.).
PC	Регулятор давления прямого действия «до себя».
FE	Первичный измерительный преобразователь для измерения расхода, установленный по месту (диафрагма, сопло Вентури датчик индукционного расходомера и т.д.).
FT	Прибор для измерения расхода бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту (бесшкальный дифманометр, ротаметр с пневмо- или электропередачей).
FFR	Прибор для измерения соотношения расходов регистрирующий, установленный на щите (любой вторичный прибор для регистрации соотношения расходов).
FT	Прибор для измерения расхода показывающий, установленный по месту (дифманометр или ротаметр показывающий и т.д.).
FQI	Прибор для измерения расхода интегрирующий показывающий, установленный по месту (любой счетчик-расходомер с интегратором).
FQI	Прибор для измерения расхода показывающий интегрирующий, установленный на щите (показывающий дифманометр с интегратором).
FQIS	Прибор для измерения расхода интегрирующий с устройством для выдачи сигнала после прохождения заданного количество вещества, установленный по месту (счетчик-дозатор).
LE	Первичный измерительный преобразователь для измерения уровня, установленный по месту (датчик электрического или емкостного уровнемера).
LI	Прибор для измерения уровня показывающий, установленный по месту.
LS	Прибор для измерения уровня с контактным устройством, установленный по месту (реле уровня).
LT	Прибор для измерения уровня с контактным устройством бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту (уровнемер бесшкальный с пневмо- или электропередачей).

	Прибор для измерения уровня бесшкальный регулирующий с контактным устройством, установленный по месту (электрический регулятор-сигнализатор уровня с блокировкой по верхнему уровню).
	Прибор для измерения уровня показывающий с контактным устройством, установленный на щите (вторичный показывающий прибор с сигнализацией верхнего и нижнего уровня).
	Прибор для измерения плотности раствора бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту (датчик плотномера с пневмо- или электропередачей).
	Прибор для измерения размеров показывающий, установленный по месту (толщиномер).
	Прибор для измерения любой электрической величины показывающий, установленный по месту.
	Вольтметр
	Амперметр
	Ваттметр
	Прибор для управления процессом по временной программе, установленный на щите (командный пневматический прибор, многоцепное реле времени и т.д.).
	Прибор для измерения влажности регистрирующий, установленный на щите (вторичный прибор влагомера и т.д.).
	Первичный преобразователь для измерения качества продукта, установленный по месту (датчик рН-метра и т.д.).
	Прибор для измерения качества продукта показывающий, установленный по месту (газоанализатор на кислород и т.д.).
	Прибор для измерения качества продукта регистрирующий регулирующий, установленный на щите (вторичный самопишущий прибор регулятора концентрации серной кислоты в растворе и т.д.).
	Прибор для измерения радиоактивности показывающий с контактным устройством, установленный по месту (прибор для показаний и сигнализации предельно допустимых значений α и β -излучений).
	Прибор для измерения частоты вращения привода регистрирующий, установленный на щите (вторичный прибор тахогенератора).
$U=f(F,P,T)$ 	Прибор для измерения нескольких разнородных величин регистрирующий, установленный по месту (самопишущий дифманометр-расходомер с дополнительной записью давления и температуры).

	Прибор для измерения вязкости раствора показывающий, установленный по месту (вискозиметр показывающий).
	Прибор для измерения массы продукта показывающий с контактным устройством, установленный по месту (устройство электронно-тензометрическое сигнализирующее и т.д.).
	Прибор для контроля погасания факела печи беспикальный с контактным устройством, установленный на щите (вторичный прибор запально-защитного устройства; применение резервной буквы В должно быть оговорено на поле схемы).
	Преобразователь сигнала, установленный на щите (входной и выходной сигналы – электрические; нормирующий преобразователь и т.д.).
	Преобразователь сигнала, установленный по месту (входной сигнал пневматический, выходной – электрический; электропнеумопреобразователь ЭПП-63 и т.д.).
	Устройство, выполняющее функцию умножения на постоянный коэффициент К.
	Пусковая аппаратура для управления электродвигателем (магнитный пускатель, контактор и т.д.; применение резервной буквы N должно быть оговорено на поле схемы).
	Аппаратура, предназначенная для ручного дистанционного управления, установленная на щите (кнопка, ключ управления, задатчик и т.д.).
	Аппаратура для ручного дистанционного управления, снабженная устройством для сигнализации, установленная на щите (кнопка с лампочкой и т.д.).
	Ключ управления, предназначенный для выбора управления, установленный на щите.

4. ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Севастопольский государственный университет»

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА

ТЕМА: «Проверка устойчивости технологической линии САР»

Вариант №

Студент: класса

Ф.И.О.

Севастополь
20__ г.

Дано: технологическая линия составом (насос, аппарат смешения, бак):

$$1) G_B(t) = n \cdot T_1 \frac{dM_c(t)}{dt}$$

$$2) G_B(t) = C_{cm} \cdot (T_2 \frac{dG_{cm}(t)}{dt} + G_{cm}(t))$$

$$3) h(t) = P \cdot T_3 \frac{dG_{cm}(t)}{dt} + P \cdot T_3 \frac{dG_A(t)}{dt}$$

$$4) M_c(t) = h_{cm} \cdot G_A(t) - P \cdot h(t)$$

Числовые значения констант

$$1) n = 10 \qquad 2) C_{cm} = 0,65$$

$$3) P = 1,2 \qquad 4) C_A = 0,22$$

$$5) T_1 = 0,5$$

$$6) T_2 = 0,555$$

$$7) T_3 = 0,21$$

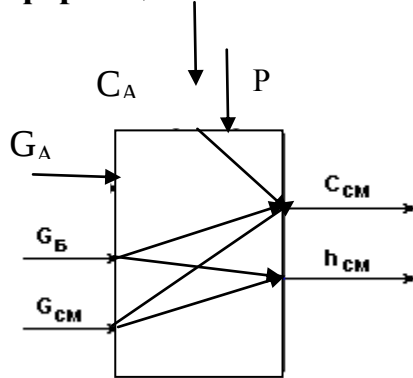
Определить:

- 1) Возможные управляющие воздействия
- 2) Возможные контролируемые возмущения
- 3) Возможные неконтролируемые возмущения
- 4) Возможные управляемые переменные
- 5) Устойчивость системы (по алгебраическому и графическому критерию)

Составить:

- 1) Структурную схему с передаточными функциями
- 2) Типовую схему автоматизации технологической линии
- 3) Типовое решение задачи автоматизации
- 4) Описать работу линии

1) Информационная схема объекта



2) Контролируемые и неконтролируемые переменные и воздействия

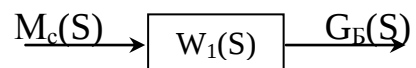
Таблица – Контролируемые и неконтролируемые переменные и воздействия

Возможные управляющие воздействия	C_{cm} и h_{cm} (концентрация смеси и высота полученной смеси в аппарате).
Возможные контролируемые возмущения	C_A , P
Возможные неконтролируемые возмущения	M_c - момент вращения, n число оборотов мешалки
Возможные управляемые переменные	G_A, G_B, G_{cm} -расходы

3) Структурная замкнутая и разомкнутая схема

$$1) G_B(t) = n \cdot T \frac{dM_c(t)}{dt}$$

$$W_1(s) = n \cdot TS$$

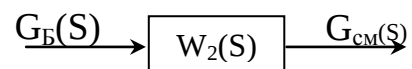


$$G_B(S) = W_1(S) \cdot M_c(S)$$

а)

$$2) G_{cm}(t) = C_{cm} \cdot T \frac{dG_B(t)}{dt}$$

$$W_2(s) = C_{cm} \cdot TS$$



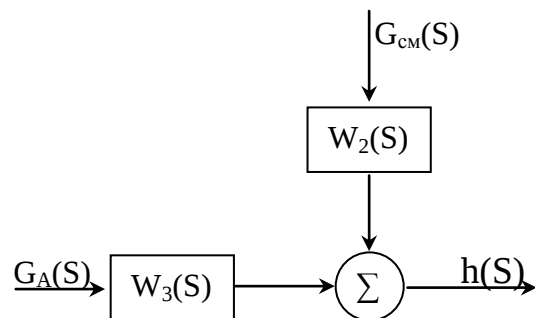
$$G_{cm}(S) = W_2(S) \cdot G_B(S)$$

б)

$$3) h(t) = C_{cm} \cdot T \frac{dG_{cm}(t)}{dt} + C_A \cdot T \frac{dG_A(t)}{dt}$$

$$W_2(s) = C_{cm} \cdot TS, \quad W_3(s) = C_A \cdot TS$$

$$h(S) = W_2(S) \cdot G_{cm}(S) + W_3(S) \cdot G_A(S)$$



в)

$$4) M_c(t) = G_A(t) - P \cdot h(t)$$

$$W_4(s) = P$$

$$M_c(S) = G_A(S) - W_4(S) \cdot h(S)$$

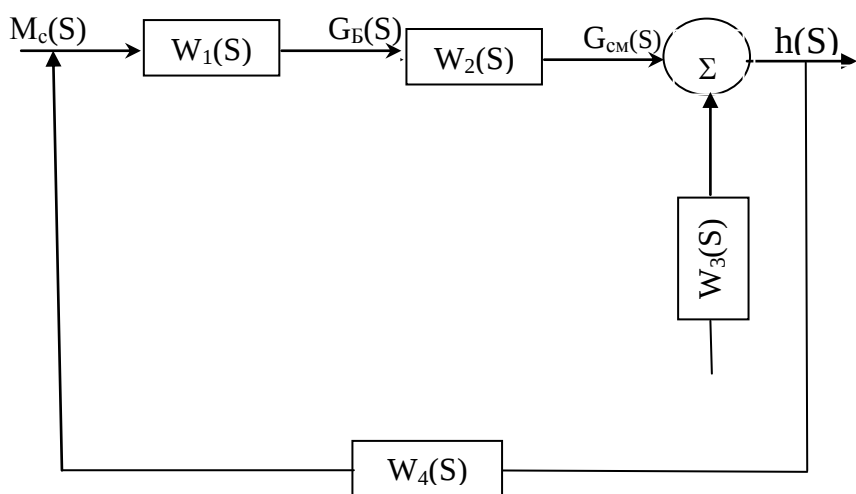
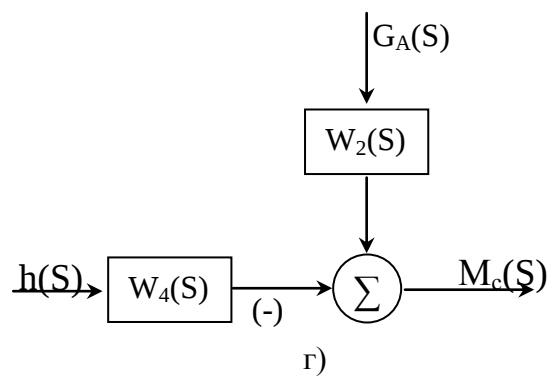


Рис. 1 - Структурная схема замкнутой САР

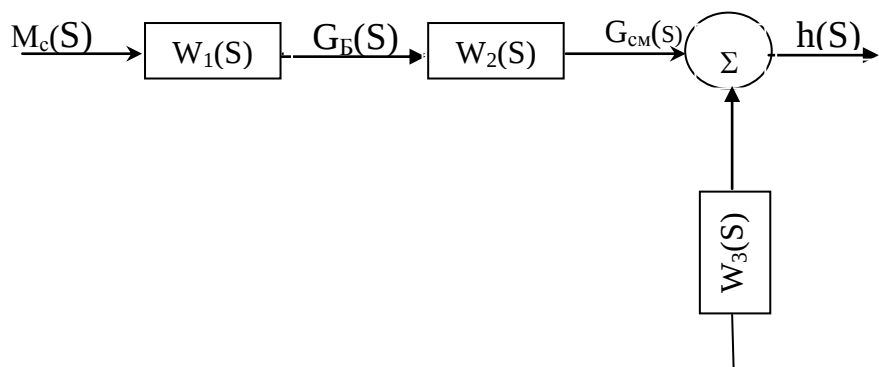


Рис. 2 - Структурная схема разомкнутой САР

3) Проверка устойчивости замкнутой системы (по алгебраическому и графическому критерию)

3.1) Эквивалентные преобразования

- 1) $n = 10$
- 2) $C_{cm} = 0,65$
- 3) $P = 1,2$
- 4) $C_A = 0,22$
- 5) $T_1 = 0,5$
- 6) $T_2 = 0,555$
- 7) $T_3 = 0,21$

Тогда передаточные функции равны:

$$W_1(s) = n \cdot T_1 S = 10 \cdot 0,5 \cdot S = 5S,$$

$$W_2(s) = C_{cm} \cdot T_2 S = 0,65 \cdot 0,555 \cdot S = 0,36075S,$$

$$W_3(s) = C_A \cdot T_3 S = 0,22 \cdot 0,21 \cdot S = 0,0462S,$$

$$W_4(s) = P = 1,2.$$

Чтобы воспользоваться эквивалентным преобразованием необходимо упростить:

$$1) W_{\Sigma 1} = W_1 \cdot W_2 + W_3,$$

$$2) \text{Тогда } W_P(S) = \frac{W_{\Sigma 1}}{1 + W_{\Sigma 1} \cdot W_4}, \text{ подставляем функции}$$

$$W_P(S) = \frac{W_{\Sigma 1}}{1 + W_{\Sigma 1} \cdot W_4} = \frac{W_1 \cdot W_2 + W_3}{1 + W_4 (W_1 \cdot W_2 + W_3)} = \frac{5S \cdot 0,36075S}{1 + 1,2(5S \cdot 0,36075S + 0,0462S)}$$

$$W_P(S) = \frac{1,804S^2}{1 + 2,1645S^2 + 0,05544S}$$

3.2) Проверка устойчивости по графическому критерию Михайлова

1) Характеристический полином системы:

$$D(S) = 1 + 2,1645S^2 + 0,05544S$$

2) Функция Михайлова:

$$M(j\omega) = 1 + 2,1645(j\omega)^2 + 0,05544(j\omega) = 1 - 2,1645\omega^2 + j0,05544\omega$$

3) Вещественная и мнимая части:

$$P(\omega) = 1 - 2,1645\omega^2$$

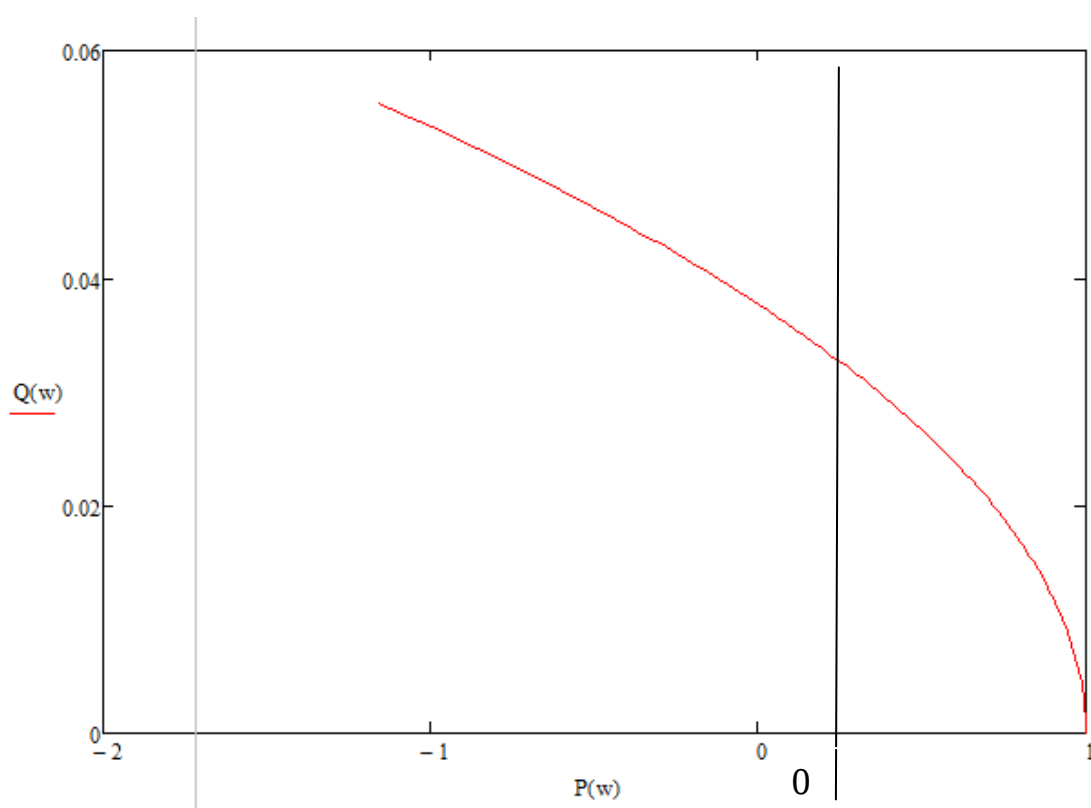
$$Q(\omega) = 0,05544\omega$$

4) Задаемся различными значениями ω от 0 до ∞ вычисляем $P(\omega)$ и $Q(\omega)$, затем строим Годограф Михайлова:

Вещественная и мнимая части функции Михайлова из примера

$P(w) =$	$Q(w) =$	$w =$
1	0	0
1	$5.544 \cdot 10^{-4}$	0.01
0.999	$1.109 \cdot 10^{-3}$	0.02
0.998	$1.663 \cdot 10^{-3}$	0.03
0.997	$2.218 \cdot 10^{-3}$	0.04
0.995	$2.772 \cdot 10^{-3}$	0.05
0.992	$3.326 \cdot 10^{-3}$	0.06
0.989	$3.881 \cdot 10^{-3}$	0.07
0.986	$4.435 \cdot 10^{-3}$	0.08
0.982	$4.99 \cdot 10^{-3}$	0.09
0.978	$5.544 \cdot 10^{-3}$	0.1
0.974	$6.098 \cdot 10^{-3}$	0.11
0.969	$6.653 \cdot 10^{-3}$	0.12
0.963	$7.207 \cdot 10^{-3}$	0.13
0.958	$7.762 \cdot 10^{-3}$	0.14
...	...	...

Если Годограф Михайлова последовательно и монотонно проходит против часовой стрелки 2 квадранта комплексной плоскости то, **по критерию Михайлова САР устойчива** ($n = 2$).



3.3) Проверка устойчивости по алгебраическому критерию Гурвица:

1) Характеристическое уравнение замкнутой системы:

$$1 + 2,1645S^2 + 0,05544S = 0$$

2) Необходимое условие устойчивости:

$$a_0=2,1645; a_1=0,05544; a_2=1;$$

3) Составляем старший определитель Гурвица:

$$\Delta_n = a_n \Delta_{n-1} > 0, \text{ т.е. } \Delta_2 = a_2 \Delta_1$$

$$\Delta_2 = 1 \cdot 2,1645 = 2,1645 > 0. \text{ САР } \underline{\text{устойчива по критерию Гурвица.}}$$

4) Проверка устойчивости разомкнутой системы (по алгебраическому и графическому критерию)

4.1) Проверка устойчивости по алгебраическому критерию Рауса:

Всего таблица содержит $n+1$ строку.

$$a_0=2,1645; a_1=0,05544; a_2=1$$

a_0	a_2		2,1645	1
a_1	a_3		0,05544	0
$b_1 = \frac{a_1 \cdot a_2 - a_0 \cdot a_3}{a_1}$	$b_2 = \frac{a_1 \cdot a_4 - a_0 \cdot a_5}{a_1}$		1	0
$c_1 = \frac{b_1 \cdot a_3 - a_1 \cdot b_2}{b_1}$	...		0	...

По критерию Рауса система, т.к. $c_1 = 0$ находится на грани устойчивости.

4.2) Проверка устойчивости по графическому критерию Найквиста

Начальное уравнение:

$$W_P(S) = \frac{1,804(j\omega)^2}{1 + 2,1645(j\omega)^2 + 0,05544(j\omega)} = \frac{-1,804\omega^2}{1 - 2,1645\omega^2 + j0,05544\omega}$$

1) Преобразование Найквиста:

$$W_P(S) = \frac{-1,804\omega^2}{1 - 2,1645\omega^2 + j0,05544\omega} \cdot \frac{-1 + 2,1645\omega^2 - j0,05544\omega}{-1 + 2,1645\omega^2 - j0,05544\omega},$$

$$W_P(S) = \frac{1,804\omega^2 - 3,905\omega^4 + j0,1\omega^3}{-1 + 4,298\omega^2 - 4,685\omega^4} - \text{конечное уравнение.}$$

$$U(\omega) = \frac{1,804\omega^2 - 3,905\omega^4}{-1 + 4,298\omega^2 - 4,685\omega^4},$$

$$V(\omega) = \frac{j0,1\omega^3}{-1 + 4,298\omega^2 - 4,685\omega^4},$$

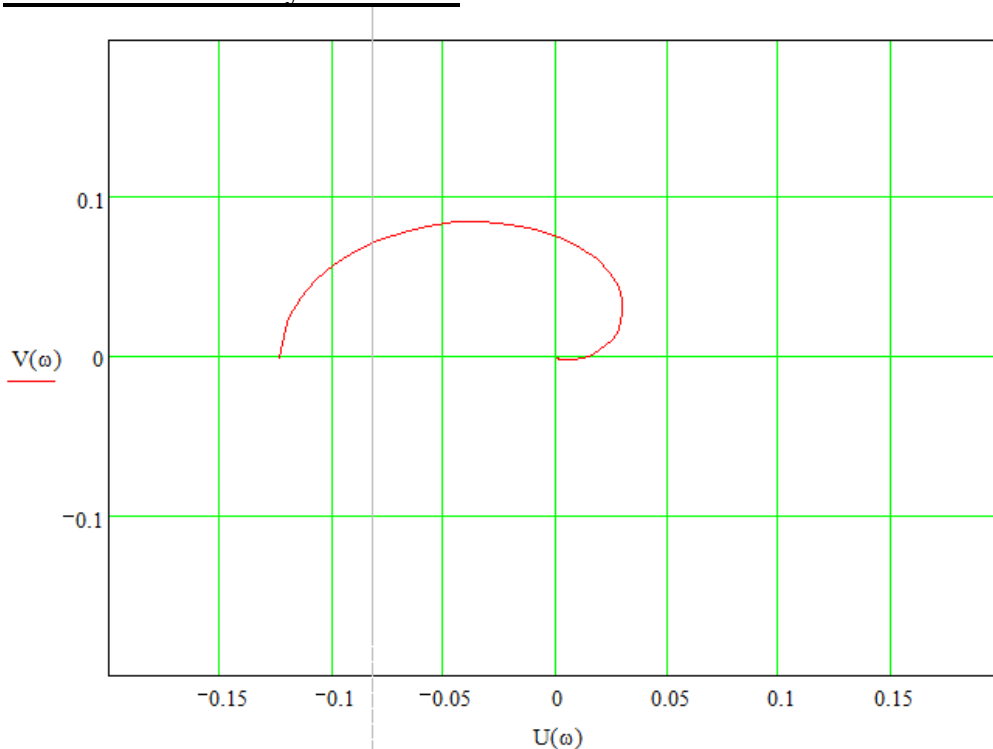
Задавая различные значения частоты ω от 0 до $+\infty$ вычислим соответствующие значения $U(\omega)$ и $V(\omega)$, пользуясь только числителем. Результат расчетов сведем в табл.

Вещественная и мнимая части частотной функции
разомкнутой САР из примера

	$U(\omega) =$	$V(\omega) =$	$\omega =$
	-0.123	0	0
	-0.122	0.013	0.1
	-0.119	0.025	0.2
	-0.114	0.037	0.3
	-0.107	0.048	0.4
	-0.099	0.058	0.5
	-0.09	0.066	0.6
	-0.079	0.073	0.7
	-0.068	0.079	0.8
	-0.056	0.083	0.9
	-0.044	0.085	1
	-0.032	0.085	1.1
	-0.02	0.084	1.2
	-8.525·10 ⁻³	0.08	1.3
	2.002·10 ⁻³	0.075	1.4
	0.011	0.069	1.5

 $\omega := 0, 0 + 0.1.. 100$
 $U(\omega) := \text{Re}(W9(\omega))$
 $V(\omega) := \text{Im}(W9(\omega))$

Строим Годограф Найквиста: если Годограф последовательно и монотонно проходит против часовой стрелки квадранта комплексной плоскости то и не пересекает точку с координатой $(-1; 0)$, то **по критерию Найквиста САР устойчива.**



5) Технологическая схема

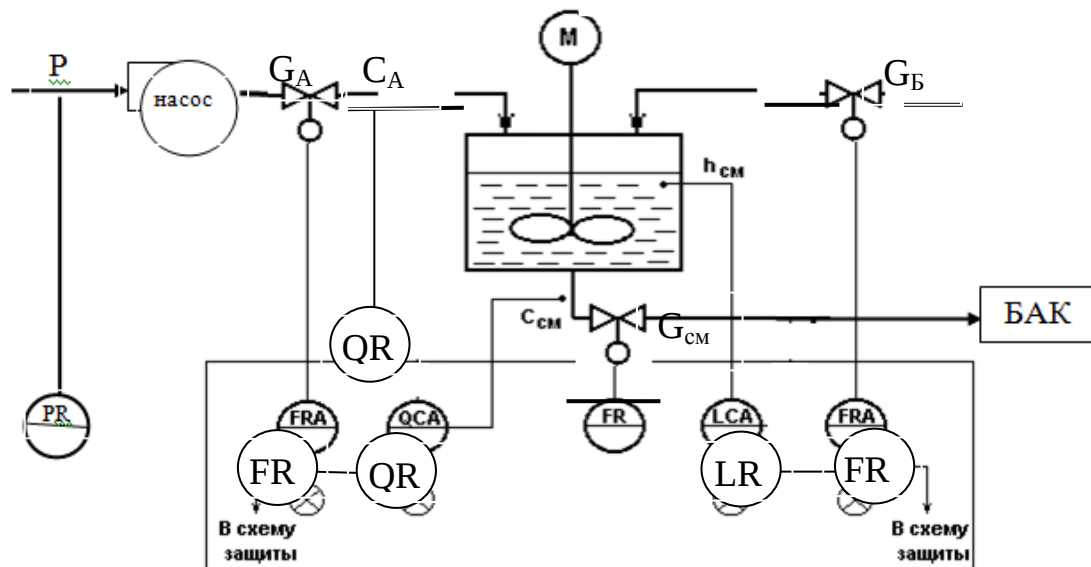


Рис. 3 - Типовая схема автоматизации технологической линии

FR- расходомер регистрирующий,
PR- датчик давления,
FRC- датчик расхода регулирующий,
QRC- датчик концентрации регулирующий,
LRC- регулятор уровня.

5.1) Описание работы САР

Объект управления - емкость с мешалкой, аппарат непрерывного действия, в котором смешиваются две жидкости А (с концентрацией целевого компонента C_A) и Б для получения гомогенизированного раствора с заданной концентрацией целевого компонента $C_{см}$.

Показатель эффективности процесса - концентрация целевого компонента в гомогенизированном растворе (смеси) - $C_{см}$.

Цель управления процессом - обеспечение заданной концентрации смеси при эффективном и интенсивном перемешивании.

Эффективность перемешивания обеспечивается п числом оборотов мешалки, обеспечивающих равномерность концентрации смеси в аппарате с **заданной интенсивностью** (т.е. за заданное время).

Задача разработки системы автоматизации обеспечить в условиях действия внешних и внутренних возмущений в процессе эффективное и интенсивное его функционирование с требуемыми характеристиками качества.

6) Типовое решение автоматизации

1. Регулирование:

- Регулирование концентрации $C_{см}$ по подаче реагента G_A - как показателя эффективности процесса перемешивания с целью получения гомогенизированного раствора.
- Регулирование уровня в аппарате $h_{см}$ по подаче реагента G_B - для обеспечения материального баланса по жидкой фазе.

2. Контроль:

- расходы - $G_A, G_B, G_{см}$;
- концентрация - $C_{см}$; P
- уровень - $h_{см}$.

3. Сигнализация:

- существенные отклонения $C_{см}$ и $h_{см}$ от задания;
- резкое падение расходов исходных реагентов $G_A \downarrow$ или $G_B \downarrow$, при этом формируется сигнал «В схему защиты».

4. Система защиты:

По сигналу «В схему защиты» - отключаются магистрали подачи исходных реагентов G_A , G_B и отбора смеси $G_{см}$.

5. ВОПРОСЫ И ОТВЕТЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

- А) Уметь преобразовывать САР в элементарные структуры.
- Б) Уметь определить устойчивость системы по Гурвицу.
- В) Уметь определить устойчивость системы по Михайлову.
- Г) Уметь определить устойчивость системы по Раусу.
- Д) Уметь определить устойчивость системы по Найквисту.

1. Отличие регулирования от управления.
2. Сущность разомкнутого регулирования и схема.
3. Схема, закон и сущность регулирования по отклонению.
4. Схема, закон и сущность регулирования по возмущению.
5. Перечислите возможные контролируемые возмущения для процесса сушки.
6. Перечислите возможные управляемые переменные для процесса кристаллизации.
7. Перечислите возможные неконтролируемые возмущения для процесса выпаривания.
8. Перечислите возможные контролируемые возмущения для процесса экстракции.
9. Определение структурной схемы элемента САР.
10. Изобразить и объяснить ТОУ для процесса перемешивания.
11. Изобразить и объяснить структурную схему процесса отстаивания.
12. Изобразить и объяснить структурную схему процесса кристаллизации.
13. Изобразить и объяснить ТОУ для процесса кристаллизации.
14. Изобразить и объяснить схему автоматизации процесса фильтрации жидких систем.
15. Изобразить и пояснить схему автоматизации процесса адсорбции.
16. Изобразить и объяснить структурную схему ТОУ процесса экстракции.
17. Изобразить и пояснить схему регулирования процесса экстракции.
18. Изобразить и пояснить схему регулирования поверхностного теплообменника по расходу горячего теплоносителя.
19. Изобразить и пояснить схему регулирования процесса выпаривания.
20. Изобразить и пояснить схему выпарной установки естественной циркуляции.
21. Перечислите возможные контролируемые возмущения для процесса фильтрации.
22. Изобразить и объяснить ТОУ для кожухотрубного теплообменника с неизменяющимся агрегатным состоянием веществ.
23. Изобразить и объяснить ТОУ для выпарной установки естественной циркуляции с вынесенной греющей камерой.

24. Изобразить и пояснить схему стабилизации процесса сушки в барабанной сушилке.

25. Изобразить и объяснить ТОУ для барабанной сушилки прямоточного действия.

26. Изобразить и объяснить структурную схему топки и смесительной камеры.

27. Изобразить и объяснить ТОУ для топки и смесительной камеры.

28. Изобразить и объяснить ТОУ для вакуум фильтра.

29. Изобразить и объяснить ТОУ для кристаллизации.

30. Номенклатура датчиков и регуляторов.

31. Перечислите возможные неконтролируемые возмущения для процесса адсорбции.

32. Перечислите возможные контролируемые возмущения для процесса теплообмена.

33. Перечислите возможные управляющие воздействия для процесса кристаллизации

34. Перечислите возможные контролируемые возмущения для процесса выпаривания

35. Перечислите возможные неконтролируемые возмущения для процесса фильтрации.

36. Перечислите возможные управляемые переменные для процесса сушки.

37. Перечислите возможные управляемые переменные для процесса фильтрации.

38. Перечислите возможные контролируемые возмущения для процесса кристаллизации.

39. Перечислите возможные неконтролируемые возмущения для процесса экстракции.

40. Перечислите возможные управляющие воздействия для процесса выпаривания.

41. Перечислите возможные управляющие воздействия для процесса сушки.

42. Перечислите возможные неконтролируемые возмущения для процесса кристаллизации.

43. Перечислите возможные неконтролируемые возмущения для процесса теплообмена.

44. Перечислите возможные управляемые переменные для процесса теплообмена.

45. Перечислите возможные управляющие воздействия для процесса адсорбции.

46. Перечислите возможные управляемые переменные для процесса выпаривания.

47. Перечислите возможные неконтролируемые возмущения для процесса сушки.

48. Перечислите возможные управляемые переменные для процесса адсорбции.

49. Перечислите возможные управляющие воздействия для процесса фильтрации.

50. Перечислите возможные управляемые переменные для процесса экстракции.

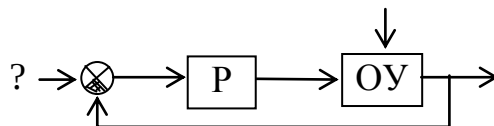
51. Перечислите возможные управляющие воздействия для процесса теплообмена.

52. Перечислите возможные управляющие воздействия для процесса экстракции.

53. Перечислите возможные контролируемые возмущения для процесса адсорбции.

5.1. Основные определения ТАУ

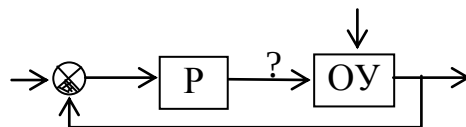
Задание 1:



На схеме обозначены: Р – регулятор, ОУ – объект управления. Указанный сигнал называется?

Ответы: 1) задание; 2) возмущающее воздействие; 3) регулирующее воздействие; 4) управляющее воздействие; 5) ошибка регулирования; 6) случайный сигнал; 7) регулируемый параметр.

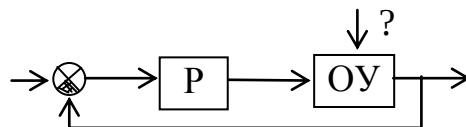
Задание 2:



На схеме обозначены: Р – регулятор, ОУ – объект управления. Указанный сигнал называется?

Ответы: 1) задание; 2) возмущающее воздействие; 3) регулирующее воздействие; 4) управляющее воздействие; 5) ошибка регулирования; 6) случайный сигнал; 7) регулируемый параметр.

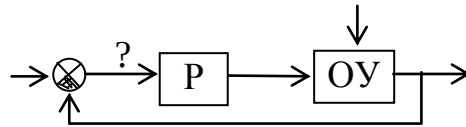
Задание 3:



На схеме обозначены: Р – регулятор, ОУ – объект управления. Указанный сигнал называется?

Ответы: 1) задание; 2) возмущающее воздействие; 3) регулирующее воздействие; 4) управляющее воздействие; 5) ошибка регулирования; 6) случайный сигнал; 7) регулируемый параметр.

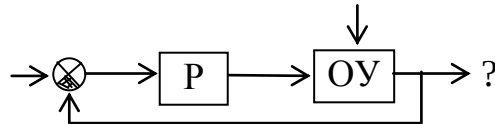
Задание 4:



На схеме обозначены: Р – регулятор, ОУ – объект управления. Указанный сигнал называется?

Ответы: 1) задание; 2) возмущающее воздействие; 3) регулирующее воздействие; 4) управляющее воздействие; 5) ошибка регулирования; 6) случайный сигнал; 7) регулируемый параметр.

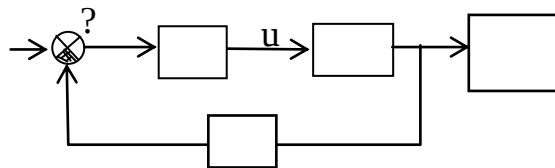
Задание 5:



На схеме обозначены: Р – регулятор, ОУ – объект управления. Указанный сигнал называется?

Ответы: 1) задание; 2) возмущающее воздействие; 3) регулирующее воздействие; 4) управляющее воздействие; 5) ошибка регулирования; 6) случайный сигнал; 7) регулируемый параметр.

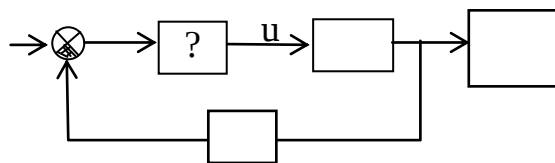
Задание 6:



Сигнал u – управляющее воздействие. Указанный блок называется?

Ответы: 1) регулятор; 2) объект управления; 3) датчик; 4) сумматор; 5) исполнительное устройство; 6) АРМ оператора; 7) регистрирующее устройство.

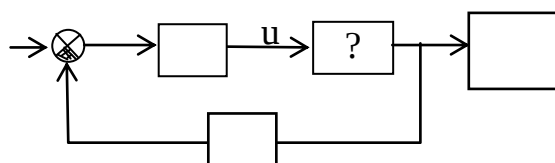
Задание 7:



Сигнал u – управляющее воздействие. Указанный блок называется?

Ответы: 1) регулятор; 2) объект управления; 3) датчик; 4) сумматор; 5) исполнительное устройство; 6) АРМ оператора; 7) регистрирующее устройство.

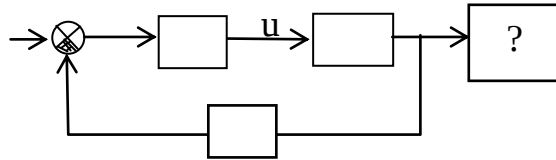
Задание 8:



Сигнал u – управляющее воздействие. Указанный блок называется?

Ответы: 1) регулятор; 2) объект управления; 3) датчик; 4) сумматор; 5) исполнительное устройство; 6) АРМ оператора; 7) регистрирующее устройство.

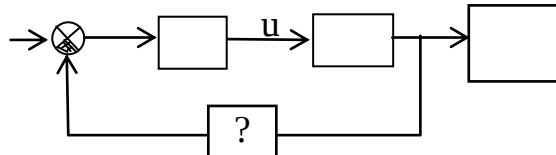
Задание 9:



Сигнал u – управляющее воздействие. Указанный блок называется?

Ответы: 1) регулятор; 2) объект управления; 3) датчик; 4) сумматор; 5) исполнительное устройство; 6) АРМ оператора; 7) регистрирующее устройство.

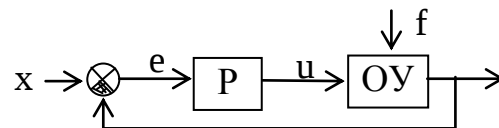
Задание 10:



Сигнал u – управляющее воздействие. Указанный блок называется?

Ответы: 1) регулятор; 2) объект управления; 3) датчик; 4) сумматор; 5) исполнительное устройство; 6) АРМ оператора; 7) регистрирующее устройство.

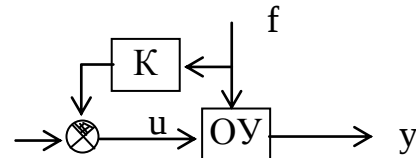
Задание 11:



Данная схема (ОУ – объект управления) реализует принцип регулирования?

Ответы: 1) по отклонению; 2) по возмущению; 3) комбинированный.

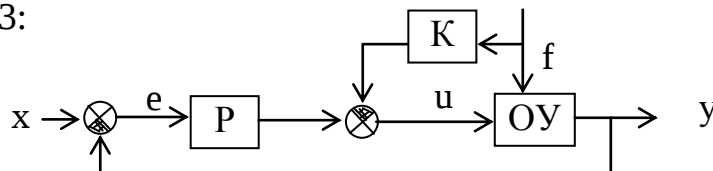
Задание 12:



Данная схема (ОУ – объект управления) реализует принцип регулирования?

Ответы: 1) по отклонению; 2) по возмущению; 3) комбинированный.

Задание 13:



Данная схема (ОУ – объект управления) реализует принцип регулирования?

Ответы: 1) по отклонению; 2) по возмущению; 3) комбинированный.

Задание 14: Целью регулирования является?

Ответы:

- 1) поддержание регулируемого параметра на заданном уровне с помощью управляющих воздействий на объект;
- 2) изменение регулируемого параметра по определенному закону;

3) поддержание регулируемого параметра на заданном уровне или изменение его по определенному закону с помощью управляющих воздействий на объект;

4) выработка управляющих воздействий;

5) определение ошибки регулирования.

Задание 15: Целью управления является?

Ответы:

1) поддержание регулируемого параметра на заданном уровне с помощью управляющих воздействий на объект;

2) изменение регулируемого параметра по определенному закону;

3) поддержание регулируемого параметра на заданном уровне или изменение его по определенному закону с помощью управляющих воздействий на объект;

4) выработка управляющих воздействий;

5) определение ошибки регулирования.

Задание 16: Целью функционирования АСР стабилизации является?

Ответы:

1) изменение регулируемой величины в соответствии с заранее заданной функцией;

2) поддержание регулируемого параметра на заданном постоянном значении с помощью управляющих воздействий на объект;

3) поддержание регулируемого параметра на заданном уровне или изменение его по определенному закону с помощью управляющих воздействий на объект;

4) выработка управляющих воздействий;

5) определение ошибки регулирования.

Задание 17: Целью функционирования программной АСР является?

Ответы:

1) изменение регулируемой величины в соответствии с заранее заданной функцией;

2) поддержание регулируемого параметра на заданном постоянном значении с помощью управляющих воздействий на объект;

3) поддержание регулируемого параметра на заданном уровне или изменение его в соответствии с заранее неизвестным заданием с помощью управляющих воздействий на объект;

4) выработка управляющих воздействий;

5) определение ошибки регулирования.

Задание 18: Целью функционирования следящей АСР является?

Ответы:

1) изменение регулируемой величины в соответствии с заранее заданной функцией;

2) поддержание регулируемого параметра на заданном постоянном значении с помощью управляющих воздействий на объект;

3) изменение регулируемой величины в соответствии с заранее неизвестной величиной на входе АСР;

- 4) выработка управляющих воздействий;
- 5) определение ошибки регулирования.

Задание 19: В ручном режиме работы АСР ПИД-регулятор функционирует как?

Ответы:

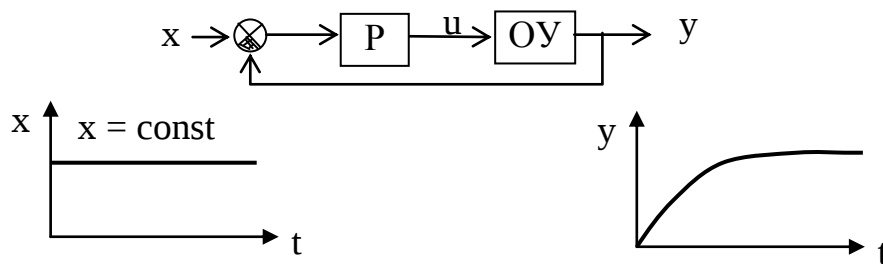
- 1) ПИ-регулятор;
- 2) ПИД-регулятор;
- 3) регулятор с заранее определенным алгоритмом регулирования;
- 4) релейный (нелинейный) регулятор;
- 5) не работает как регулятор.

Задание 20: В автоматическом режиме работы АСР ПИД-регулятор функционирует как?

Ответы:

- 1) ПИ-регулятор;
- 2) ПИД-регулятор;
- 3) регулятор с неопределенным алгоритмом регулирования;
- 4) релейный (нелинейный) регулятор;
- 5) не работает как регулятор.

Задание 21:

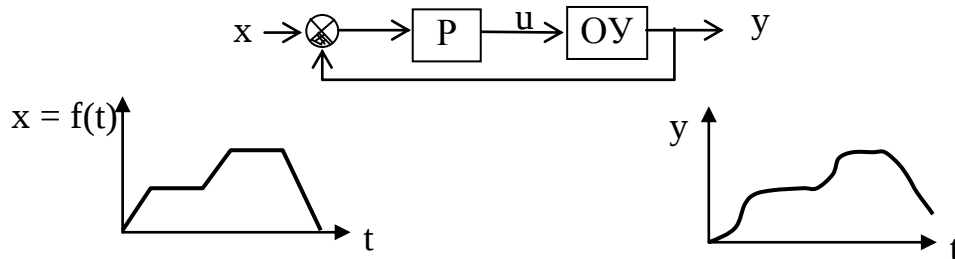


На схеме обозначены: Р – регулятор, ОУ – объект регулирования, t – время. Данная схема соответствует?

Ответы:

- 1) следящей АСР;
- 2) АСР стабилизации;
- 3) программной АСР;
- 4) не соответствует АСР.

Задание 22:



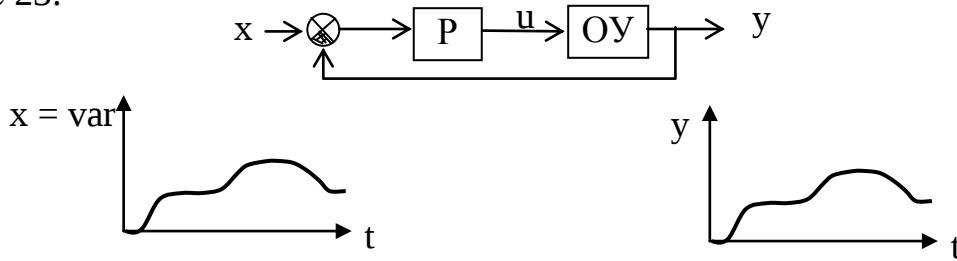
На схеме обозначены: Р – регулятор, ОУ – объект регулирования, t – время. Данная схема соответствует?

Ответы:

- 1) следящей АСР;

- 2) АСР стабилизации;
- 3) программной АСР;
- 4) не соответствует АСР.

Задание 23:



На схеме обозначены: Р – регулятор, ОУ – объект регулирования, t – время. Данная схема соответствует?

Ответы:

- 1) следящей АСР;
- 2) АСР стабилизации;
- 3) программной АСР;
- 4) не соответствует АСР.

Задание 24: Регулированием называется?

Ответы:

- 1) формирование управляющих воздействий, обеспечивающих требуемый режим работы ОУ;
- 2) частный вид управления, когда задачей является обеспечение постоянства какой-либо выходной величины ОУ;
- 3) управление, осуществляемое без непосредственного участия человека;
- 4) воздействие, подаваемое на вход системы или устройства;
- 5) воздействие, выдаваемое на выходе системы или устройства;
- 6) воздействие внешней среды на систему.

Задание 25: Управлением называется?

Ответы:

- 1) формирование управляющих воздействий, обеспечивающих требуемый режим работы ОУ;
- 2) регулирование, осуществляемое без непосредственного участия человека;
- 3) воздействие, подаваемое на вход системы или устройства;
- 4) воздействие, выдаваемое на выходе системы или устройства;
- 5) воздействие внешней среды на систему.

Задание 26: Автоматическим управлением называется?

Ответы:

- 1) формирование управляющих воздействий, обеспечивающих требуемый режим работы ОУ;
- 2) частный вид управления, когда задачей является обеспечение постоянства какой-либо выходной величины ОУ;
- 3) управление, осуществляемое без непосредственного участия человека;
- 4) воздействие, подаваемое на вход системы или устройства;
- 5) воздействие, выдаваемое на выходе системы или устройства;
- 6) воздействие внешней среды на систему.

Задание 27: Входным воздействием называется?

Ответы:

- 1) управление, осуществляемое без непосредственного участия человека;
- 2) воздействие, подаваемое на вход системы или устройства;
- 3) воздействие, выдаваемое на выходе системы или устройства;
- 4) воздействие внешней среды на систему.

Задание 28: Выходным воздействием называется?

Ответы:

- 1) управление, осуществляемое без непосредственного участия человека;
- 2) воздействие, подаваемое на вход системы или устройства;
- 3) воздействие, выдаваемое на выходе системы или устройства;
- 4) воздействие внешней среды на систему.

Задание 29: Внешним воздействием называется?

Ответы:

- 1) формирование управляющих воздействий, обеспечивающих требуемый режим работы ОУ;
- 2) частный вид управления, когда задачей является обеспечение постоянства какой-либо выходной величины ОУ;
- 3) управление, осуществляемое без непосредственного участия человека;
- 4) воздействие, подаваемое на вход системы или устройства;
- 5) воздействие, выдаваемое на выходе системы или устройства;
- 6) воздействие внешней среды на систему.

Задание 30: Задающим воздействием называется?

Ответы:

- 1) воздействие внешней среды на систему;
- 2) воздействие на систему, определяющее требуемый закон изменения регулируемой величины;
- 3) воздействие управляющего устройства на объект управления;
- 4) воздействие, стремящееся нарушить требуемую функциональную связь между задающим воздействием и регулируемой величиной;
- 5) разность между предписанным (х) и действительным (у) значениями регулируемой величины.

Задание 31: Управляющим воздействием называется?

Ответы:

- 1) воздействие внешней среды на систему;
- 2) воздействие на систему, определяющее требуемый закон изменения регулируемой величины;
- 3) воздействие управляющего устройства на объект управления;
- 4) воздействие, стремящееся нарушить требуемую функциональную связь между задающим воздействием и регулируемой величиной;
- 5) разность между предписанным (х) и действительным (у) значениями регулируемой величины.

Задание 32: Возмущающим воздействием называется?

Ответы:

- 1) воздействие внешней среды на систему;

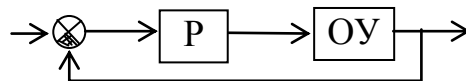
- 2) воздействие на систему, определяющее требуемый закон изменения регулируемой величины;
- 3) воздействие управляющего устройства на объект управления;
- 4) воздействие, стремящееся нарушить требуемую функциональную связь между задающим воздействием и регулируемой величиной;
- 5) разность между предписанным (x) и действительным (y) значениями регулируемой величины.

Задание 33: Ошибкой регулирования называется?

Ответы:

- 1) воздействие внешней среды на систему;
- 2) воздействие на систему, определяющее требуемый закон изменения регулируемой величины;
- 3) воздействие управляющего устройства на объект управления;
- 4) воздействие, стремящееся нарушить требуемую функциональную связь между задающим воздействием и регулируемой величиной;
- 5) разность между предписанным (x) и действительным (y) значениями регулируемой величины.

Задание 34:

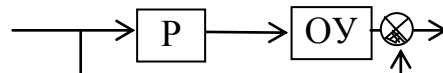


Данная схема является?

Ответы:

- 1) схемой АСР;
- 2) схемой разомкнутой системы;
- 3) не относится к системам управления.

Задание 35:

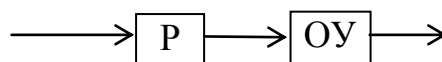


Данная схема является?

Ответы:

- 1) схемой АСР;
- 2) схемой разомкнутой системы;
- 3) не относится к системам регулирования.

Задание 36:



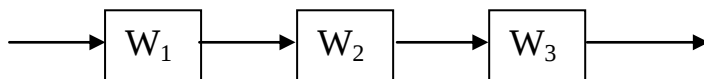
Данная схема является?

Ответы:

- 1) схемой АСР;
- 2) схемой разомкнутой системы;
- 3) не относится к системам управления.

5.2. Передаточные функции АСР

Задание 1:



Передаточная функция для данного соединения звеньев равна:

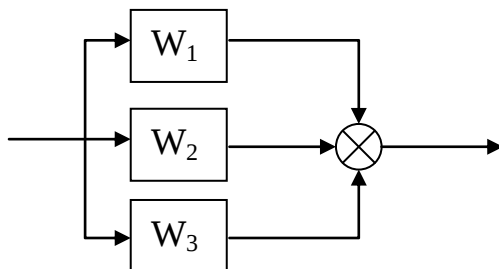
Ответы: 1) $W_1 + W_2 + W_3$; 2) $W_1 - W_2 - W_3$; 3) $W_1 * W_2 * W_3$; 4) $W_1 + W_2 * W_3$;

5) $\frac{W_1 \cdot W_2 \cdot W_3}{W_1 \cdot W_3 + W_1 \cdot W_2 + W_2 \cdot W_3}$; 6) $\frac{W_1 + W_2 + W_3}{W_1 \cdot W_3 + W_1 \cdot W_2 + W_2 \cdot W_3}$;

7) находится исходя из физических основ процессов;

8) находится по иной формуле; 9) единая передаточная функция отсутствует.

Задание 2:



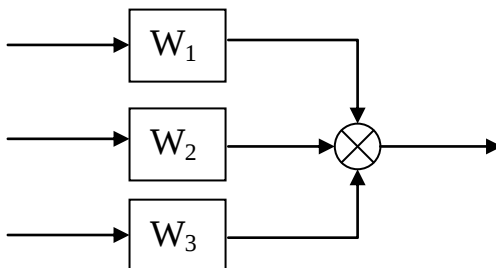
Передаточная функция для данного соединения звеньев равна:

Ответы: 1) $W_1 + W_2 + W_3$; 2) $W_1 - W_2 - W_3$; 3) $W_1 * W_2 * W_3$; 4) $\frac{W_1 \cdot W_2 \cdot W_3}{W_1 + W_2}$;

5) $\frac{W_1 \cdot W_2 \cdot W_3}{W_1 \cdot W_3 + W_1 \cdot W_2 + W_2 \cdot W_3}$; 6) $\frac{W_1 + W_2 + W_3}{W_1 \cdot W_3 + W_1 \cdot W_2 + W_2 \cdot W_3}$; 7)

$\frac{W_1 + W_3}{1 + W_1 \cdot W_2}$; 8) $\frac{W_1 + W_3}{1 - W_1 \cdot W_2}$; 9) находится исходя из физических основ процессов; 10) находится по иной формуле; 11) единая передаточная функция отсутствует.

Задание 3:



Передаточная функция для данного соединения звеньев равна:

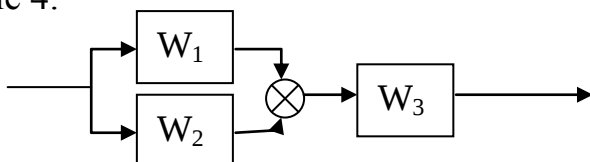
Ответы: 1) $W_1 + W_2 + W_3$; 2) $W_1 - W_2 - W_3$; 3) $W_1 * W_2 * W_3$;

4) $\frac{W_1 \cdot W_2 \cdot W_3}{W_1 \cdot W_3 + W_1 \cdot W_2 + W_2 \cdot W_3}$; 5) $\frac{W_1 + W_2 + W_3}{W_1 \cdot W_3 + W_1 \cdot W_2 + W_2 \cdot W_3}$;

6) находится исходя из физических основ процессов;

7) единая передаточная функция отсутствует.

Задание 4:



Передаточная функция для данного соединения звеньев равна:

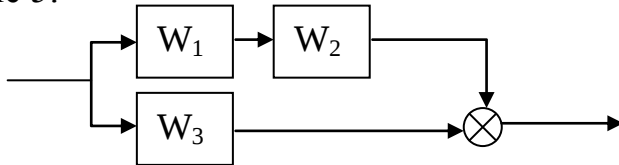
Ответы: 1) $W_1 + W_2 + W_3$; 2) $W_1 + W_2 - W_3$; 3) $W_1 + W_2 * W_3$;

4) $(W_1 + W_2) * W_3$; 5) $\frac{W_1}{W_2} W_3$; 6) $\frac{W_1 \cdot W_3}{1 - W_1 \cdot W_2}$; 7) $\frac{W_1 \cdot W_3}{1 + W_1 \cdot W_2}$; 8) $\frac{W_1 \cdot W_2 \cdot W_3}{W_1 + W_2}$;

9) $\frac{W_1 + W_3}{1 + W_1 \cdot W_2}$; 10) $\frac{W_1 + W_3}{1 - W_1 \cdot W_2}$; 11) находится исходя из физических основ

процессов; 12) единая передаточная функция отсутствует.

Задание 5:



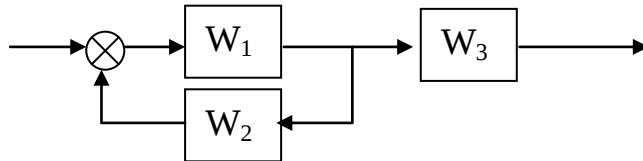
Передаточная функция для данного соединения звеньев равна:

Ответы: 1) $W_1 + W_2 + W_3$; 2) $W_1 + W_2 - W_3$; 3) $W_1 + W_2 * W_3$;

4) $(W_1 + W_2) * W_3$; 5) $\frac{W_1}{W_2} W_3$; 6) $\frac{W_1 \cdot W_3}{1 - W_1 \cdot W_2}$; 7) $\frac{W_1 \cdot W_3}{1 + W_1 \cdot W_2}$; 8) $\frac{W_1 \cdot W_2 \cdot W_3}{W_1 + W_2}$;

9) $W_1 * W_2 + W_3$; 10) $W_1 * W_2 + W_3$; 11) находится исходя из физических основ процессов; 12) единая передаточная функция отсутствует.

Задание 6:



Передаточная функция для данного соединения звеньев равна:

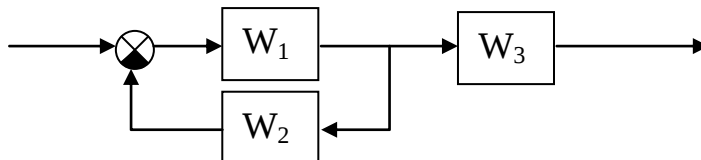
Ответы: 1) $W_1 + W_2 + W_3$; 2) $W_1 + W_2 - W_3$; 3) $W_1 + W_2 * W_3$;

4) $(W_1 + W_2) * W_3$; 5) $\frac{W_1}{W_2} W_3$; 6) $\frac{W_1 \cdot W_3}{1 - W_1 \cdot W_2}$; 7) $\frac{W_1 \cdot W_3}{1 + W_1 \cdot W_2}$; 8) $\frac{W_1 \cdot W_2 \cdot W_3}{W_1 + W_2}$;

9) $\frac{W_1 + W_3}{1 + W_1 \cdot W_2}$; 10) $\frac{W_1 + W_3}{1 - W_1 \cdot W_2}$; 11) находится исходя из физических основ

процессов; 12) единая передаточная функция отсутствует.

Задание 7:

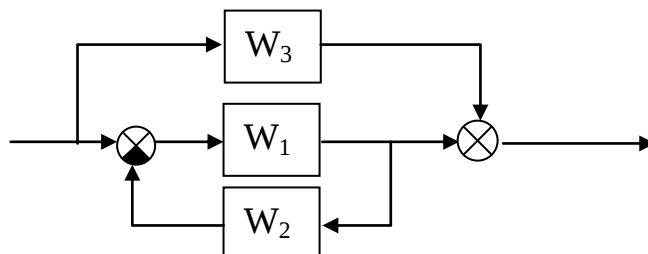


Передаточная функция для данного соединения звеньев равна:

Ответы: 1) $W_1 + W_2 + W_3$; 2) $W_1 + W_2 - W_3$; 3) $W_1 + W_2 * W_3$;

- 4) $(W_1 + W_2) * W_3$; 5) $\frac{W_1}{W_2} W_3$; 6) $\frac{W_1 \cdot W_3}{1 - W_1 \cdot W_2}$; 7) $\frac{W_1 \cdot W_3}{1 + W_1 \cdot W_2}$; 8) $\frac{W_1 \cdot W_2 \cdot W_3}{W_1 + W_2}$;
 9) $\frac{W_1 + W_3}{1 + W_1 \cdot W_2}$; 10) $\frac{W_1 + W_3}{1 - W_1 \cdot W_2}$; 11) находится исходя из физических основ процессов; 12) единая передаточная функция отсутствует.

Задание 8:



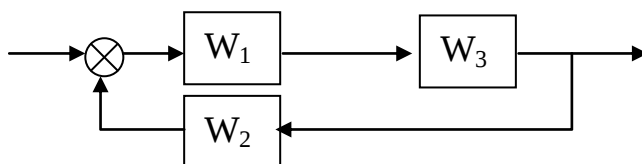
Передаточная функция для данного соединения звеньев равна:

Ответы: 1) $W_1 + W_2 + W_3$; 2) $W_1 + W_2 - W_3$; 3) $W_1 + W_2 * W_3$;

- 4) $(W_1 + W_2) * W_3$; 5) $\frac{W_1}{W_2} W_3$; 6) $\frac{W_1 \cdot W_3}{1 - W_1 \cdot W_2}$; 7) $\frac{W_1 \cdot W_3}{1 + W_1 \cdot W_2}$; 8) $\frac{W_1 \cdot W_2 \cdot W_3}{W_1 + W_2}$;

- 9) $\frac{W_1 + W_3}{1 + W_1 \cdot W_2}$; 10) $\frac{W_1 + W_3}{1 - W_1 \cdot W_2}$; 11) находится исходя из физических основ процессов; 12) единая передаточная функция отсутствует.

Задание 9:



Ответы: Передаточная функция для данного соединения звеньев равна:

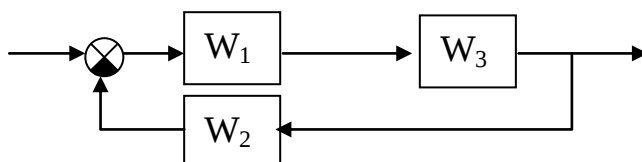
Ответы: 1) $W_1 + W_2 + W_3$; 2) $W_1 + W_2 - W_3$; 3) $W_1 + W_3 * W_2$;

- 4) $(W_1 + W_3) * W_2$; 5) $\frac{W_1}{W_2} W_3$; 6) $\frac{W_1 \cdot W_3}{1 - W_1 \cdot W_2}$; 7) $\frac{W_1 \cdot W_3}{1 + W_1 \cdot W_2}$; 8) $\frac{W_1 \cdot W_2 \cdot W_3}{W_1 + W_2}$;

- 9) $\frac{W_1 + W_3}{1 + W_1 \cdot W_2}$; 10) $\frac{W_1 + W_3}{1 - W_1 \cdot W_2}$; 11) $\frac{W_1 \cdot W_3}{1 - W_1 \cdot W_2 \cdot W_3}$; 12) $\frac{W_1 \cdot W_3}{1 + W_1 \cdot W_2 \cdot W_3}$;

13) находится исходя из физических основ процессов; 14) единая передаточная функция отсутствует.

Задание 10:



Ответы: Передаточная функция для данного соединения звеньев равна:

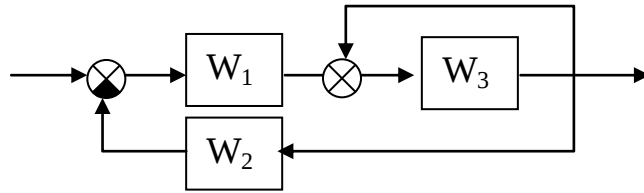
Ответы: 1) $W_1 + W_2 + W_3$; 2) $W_1 + W_2 - W_3$; 3) $W_1 + W_3 * W_2$;

- 4) $(W_1 + W_3) * W_2$; 5) $\frac{W_1}{W_2} W_3$; 6) $\frac{W_1 \cdot W_3}{1 - W_1 \cdot W_2}$; 7) $\frac{W_1 \cdot W_3}{1 + W_1 \cdot W_2}$; 8) $\frac{W_1 \cdot W_2 \cdot W_3}{W_1 + W_2}$;

9) $\frac{W_1 + W_3}{1 + W_1 \cdot W_2}$; 10) $\frac{W_1 + W_3}{1 - W_1 \cdot W_2}$; 11) $\frac{W_1 \cdot W_3}{1 - W_1 \cdot W_2 \cdot W_3}$; 12) $\frac{W_1 \cdot W_3}{1 + W_1 \cdot W_2 \cdot W_3}$;

13) находится исходя из физических основ процессов; 14) единая передаточная функция отсутствует.

Задание 11:



Ответы: Передаточная функция для данного соединения звеньев равна:

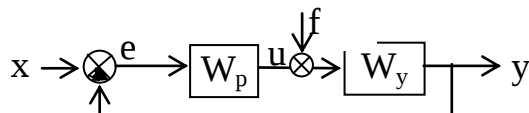
Ответы: 1) $W_1 + W_2 + W_3$; 2) $W_1 + W_2 - W_3$; 3) $W_1 + W_3 \cdot W_2$;

4) $(W_1 + W_3) \cdot W_2$; 5) $\frac{W_1}{W_2} W_3$; 6) $\frac{W_1 \cdot W_3}{1 - W_1 \cdot W_2}$; 7) $\frac{W_1 \cdot W_3}{1 + W_1 \cdot W_2}$; 8) $\frac{W_1 \cdot W_2 \cdot W_3}{W_1 + W_2}$;

9) $\frac{W_1 + W_3}{1 + W_1 \cdot W_2}$; 10) $\frac{W_1 + W_3}{1 - W_1 \cdot W_2}$; 11) $\frac{W_1 \cdot W_3}{1 - W_1 \cdot W_2 \cdot W_3}$; 12) $\frac{W_1 \cdot W_3}{1 + W_1 \cdot W_2 \cdot W_3}$;

13) находится исходя из физических основ процессов; 14) среди перечисленных передаточная функция отсутствует.

Задание 12:



Передаточная функция разомкнутой системы равна

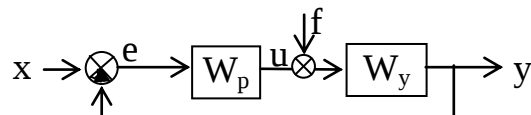
Ответы: 1) $W_\infty(s) = \frac{W_p}{W_y}$; 2) $W_\infty(s) = \frac{W_p \cdot W_y}{1 + W_p \cdot W_y}$; 3) $W_\infty(s) = \frac{W_p \cdot W_y}{1 - W_p \cdot W_y}$;

4) $W_\infty(s) = \frac{1}{1 + W_p \cdot W_y}$; 5) $W_\infty(s) = \frac{1}{1 - W_p \cdot W_y}$; 6) $W_\infty(s) = \frac{W_y}{1 + W_p \cdot W_y}$;

7) $W_\infty(s) = \frac{W_y}{1 - W_p \cdot W_y}$; 8) $W_\infty(s) = W_p(s) + W_y(s)$; 9) $W_\infty(s) = W_p(s) \cdot W_y(s)$; 10)

среди перечисленных ее нет.

Задание 13:



Передаточная функция замкнутой системы по заданию равна

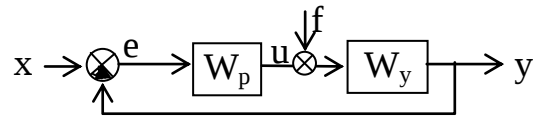
Ответы: 1) $\Phi_3(s) = \frac{W_p}{W_y}$; 2) $\Phi_3(s) = \frac{W_p \cdot W_y}{1 + W_p \cdot W_y}$; 3) $\Phi_3(s) = \frac{W_p \cdot W_y}{1 - W_p \cdot W_y}$;

4) $\Phi_3(s) = \frac{1}{1 + W_p \cdot W_y}$; 5) $\Phi_3(s) = \frac{1}{1 - W_p \cdot W_y}$; 6) $\Phi_3(s) = \frac{W_y}{1 + W_p \cdot W_y}$;

7) $\Phi_3(s) = \frac{W_y}{1 - W_p \cdot W_y}$; 8) $\Phi_3(s) = W_p(s) + W_y(s)$; 9) $\Phi_3(s) = W_p(s) \cdot W_y(s)$;

10) среди перечисленных ее нет.

Задание 14:



Передаточная функция замкнутой системы по ошибке равна

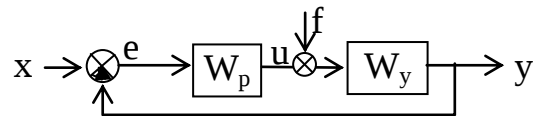
Ответы: 1) $\Phi_E(s) = \frac{W_p}{W_y}$; 2) $\Phi_E(s) = \frac{W_p \cdot W_y}{1 + W_p \cdot W_y}$; 3) $\Phi_E(s) = \frac{W_p \cdot W_y}{1 - W_p \cdot W_y}$;

4) $\Phi_E(s) = \frac{1}{1 + W_p \cdot W_y}$; 5) $\Phi_E(s) = \frac{1}{1 - W_p \cdot W_y}$; 6) $\Phi_E(s) = \frac{W_y}{1 + W_p \cdot W_y}$;

7) $\Phi_E(s) = \frac{W_y}{1 - W_p \cdot W_y}$; 8) $\Phi_E(s) = W_p(s) + W_y(s)$; 9) $\Phi_E(s) = W_p(s) \cdot W_y(s)$;

10) среди перечисленных ее нет.

Задание 15:



Передаточная функция замкнутой системы по возмущению равна

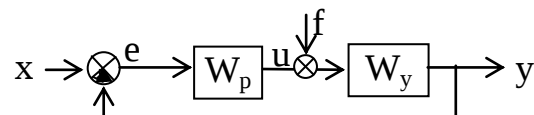
Ответы: 1) $\Phi_3(s) = \frac{W_p}{W_y}$; 2) $\Phi_3(s) = \frac{W_p \cdot W_y}{1 + W_p \cdot W_y}$; 3) $\Phi_3(s) = \frac{W_p \cdot W_y}{1 - W_p \cdot W_y}$;

4) $\Phi_3(s) = \frac{1}{1 + W_p \cdot W_y}$; 5) $\Phi_3(s) = \frac{1}{1 - W_p \cdot W_y}$; 6) $\Phi_3(s) = \frac{W_y}{1 + W_p \cdot W_y}$;

7) $\Phi_3(s) = \frac{W_y}{1 - W_p \cdot W_y}$; 8) $\Phi_3(s) = W_p(s) + W_y(s)$; 9) $\Phi_3(s) = W_p(s) \cdot W_y(s)$;

10) среди перечисленных ее нет.

Задание 16:



Если $W_p(s) = \frac{G_p(s)}{H_p(s)}$ и $W_y(s) = \frac{G_y(s)}{H_y(s)}$ то передаточная функция разомкнутой системы равна

Ответы: 1) $W_\infty(s) = \frac{G_p(s) \cdot G_y(s)}{H_p(s) \cdot H_y(s)}$; 2) $W_\infty(s) = 1 + \frac{H_p(s) \cdot H_y(s)}{G_p(s) \cdot G_y(s)}$;

3) $W_\infty(s) = \frac{G_p(s) + G_y(s)}{H_p(s) + H_y(s)}$; 4) $W_\infty(s) = \frac{H_p(s) + H_y(s)}{G_p(s) + G_y(s)}$;

$$5) W_{\infty}(s) = \frac{G_p(s) \cdot G_y(s) \cdot H_p(s) \cdot H_y(s)}{H_p(s) \cdot H_y(s) + G_p(s) \cdot G_y(s)} ;$$

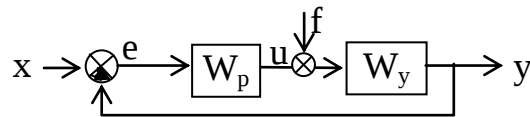
$$6) W_{\infty}(s) = \frac{H_p(s) \cdot H_y(s) + G_p(s) \cdot G_y(s)}{G_p(s) \cdot G_y(s) \cdot H_p(s) \cdot H_y(s)}$$

$$7) W_{\infty}(s) = \frac{H_p(s) \cdot H_y(s)}{H_p(s) \cdot H_y(s) + G_p(s) \cdot G_y(s)} ;$$

$$8) W_{\infty}(s) = \frac{G_p(s) \cdot G_y(s)}{H_p(s) \cdot H_y(s) + G_p(s) \cdot G_y(s)}$$

9) среди перечисленных ее нет.

Задание 17:



Если $W_p(s) = \frac{G_p(s)}{H_p(s)}$ и $W_y(s) = \frac{G_y(s)}{H_y(s)}$ то передаточная функция замкнутой

системы по заданию равна

Ответы: 1) $W_{\infty}(s) = \frac{G_p(s) \cdot G_y(s)}{H_p(s) \cdot H_y(s)}$; 2) $W_{\infty}(s) = 1 + \frac{H_p(s) \cdot H_y(s)}{G_p(s) \cdot G_y(s)}$;

3) $W_{\infty}(s) = \frac{G_p(s) + G_y(s)}{H_p(s) + H_y(s)}$; 4) $W_{\infty}(s) = \frac{H_p(s) + H_y(s)}{G_p(s) + G_y(s)}$;

$$5) W_{\infty}(s) = \frac{G_p(s) \cdot G_y(s) \cdot H_p(s) \cdot H_y(s)}{H_p(s) \cdot H_y(s) + G_p(s) \cdot G_y(s)} ;$$

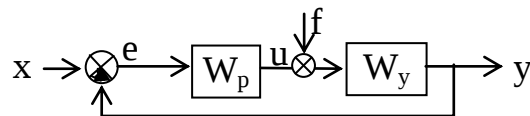
$$6) W_{\infty}(s) = \frac{H_p(s) \cdot H_y(s) + G_p(s) \cdot G_y(s)}{G_p(s) \cdot G_y(s) \cdot H_p(s) \cdot H_y(s)} ;$$

$$7) W_{\infty}(s) = \frac{H_p(s) \cdot H_y(s)}{H_p(s) \cdot H_y(s) + G_p(s) \cdot G_y(s)} ;$$

$$8) W_{\infty}(s) = \frac{G_p(s) \cdot G_y(s)}{H_p(s) \cdot H_y(s) + G_p(s) \cdot G_y(s)} ;$$

9) среди перечисленных ее нет.

Задание 18:



Если $W_p(s) = \frac{G_p(s)}{H_p(s)}$ и $W_y(s) = \frac{G_y(s)}{H_y(s)}$ то передаточная функция замкнутой

системы по ошибке равна

Ответы: 1) $W_{\infty}(s) = \frac{G_p(s) \cdot G_y(s)}{H_p(s) \cdot H_y(s)}$; 2) $W_{\infty}(s) = 1 + \frac{H_p(s) \cdot H_y(s)}{G_p(s) \cdot G_y(s)}$;

3) $W_{\infty}(s) = \frac{G_p(s) + G_y(s)}{H_p(s) + H_y(s)}$; 4) $W_{\infty}(s) = \frac{H_p(s) + H_y(s)}{G_p(s) + G_y(s)}$;

5) $W_{\infty}(s) = \frac{G_p(s) \cdot G_y(s) \cdot H_p(s) \cdot H_y(s)}{H_p(s) \cdot H_y(s) + G_p(s) \cdot G_y(s)}$;

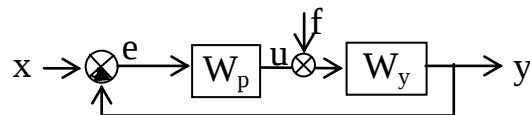
6) $W_{\infty}(s) = \frac{H_p(s) \cdot H_y(s) + G_p(s) \cdot G_y(s)}{G_p(s) \cdot G_y(s) \cdot H_p(s) \cdot H_y(s)}$;

7) $W_{\infty}(s) = \frac{H_p(s) \cdot H_y(s)}{H_p(s) \cdot H_y(s) + G_p(s) \cdot G_y(s)}$;

8) $W_{\infty}(s) = \frac{G_p(s) \cdot G_y(s)}{H_p(s) \cdot H_y(s) + G_p(s) \cdot G_y(s)}$;

9) среди перечисленных ее нет.

Задание 19:



Если $W_p(s) = \frac{G_p(s)}{H_p(s)}$ и $W_y(s) = \frac{G_y(s)}{H_y(s)}$ то передаточная функция замкнутой системы по возмущению равна

Ответы: 1) $W_{\infty}(s) = \frac{G_p(s) \cdot G_y(s)}{H_p(s) \cdot H_y(s)}$; 2) $W_{\infty}(s) = 1 + \frac{H_p(s) \cdot H_y(s)}{G_p(s) \cdot G_y(s)}$;

3) $W_{\infty}(s) = \frac{G_p(s) + G_y(s)}{H_p(s) + H_y(s)}$; 4) $W_{\infty}(s) = \frac{H_p(s) + H_y(s)}{G_p(s) + G_y(s)}$;

5) $W_{\infty}(s) = \frac{G_p(s) \cdot G_y(s) \cdot H_p(s) \cdot H_y(s)}{H_p(s) \cdot H_y(s) + G_p(s) \cdot G_y(s)}$;

6) $W_{\infty}(s) = \frac{H_p(s) \cdot H_y(s) + G_p(s) \cdot G_y(s)}{G_p(s) \cdot G_y(s) \cdot H_p(s) \cdot H_y(s)}$;

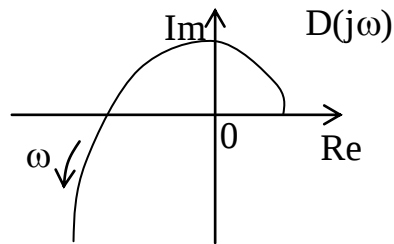
7) $W_{\infty}(s) = \frac{H_p(s) \cdot H_y(s)}{H_p(s) \cdot H_y(s) + G_p(s) \cdot G_y(s)}$;

8) $W_{\infty}(s) = \frac{G_p(s) \cdot G_y(s)}{H_p(s) \cdot H_y(s) + G_p(s) \cdot G_y(s)}$;

9) среди перечисленных ее нет.

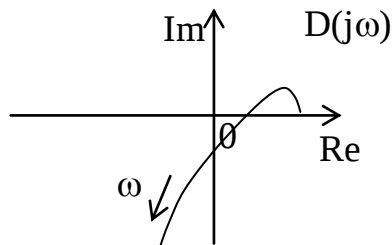
5.3 Устойчивость

Задание 1: Определите устойчивость системы по годографу Михайлова $D(j\omega)$.
Степень характеристического полинома $n = 3$.



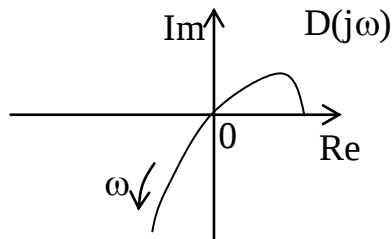
Ответы: 1) система устойчива; 2) система неустойчива ;
3) система на границе устойчивости; 4) невозможно определить.

Задание 2: Определите устойчивость системы по годографу Михайлова $D(j\omega)$.
Степень характеристического полинома $n = 3$.



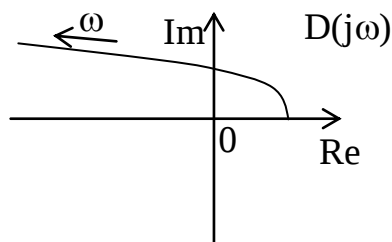
Ответы: 1) система устойчива; 2) система неустойчива ;
3) система на границе устойчивости ; 4) невозможно определить.

Задание 3: Определите устойчивость системы по годографу Михайлова $D(j\omega)$.
Степень характеристического полинома $n = 3$.



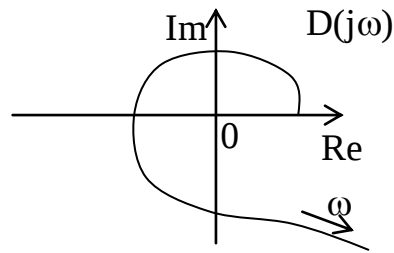
Ответы: 1) система устойчива; 2) система неустойчива ;
3) система на границе устойчивости ; 4) невозможно определить.

Задание 4: Определите устойчивость системы по годографу Михайлова $D(j\omega)$.
Степень характеристического полинома $n = 2$.



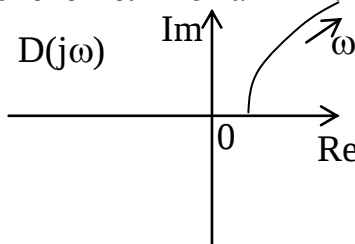
Ответы: 1) система устойчива; 2) система неустойчива;
3) система на границе устойчивости; 4) невозможно определить.

Задание 5: Определите устойчивость системы по годографу Михайлова $D(j\omega)$.
Степень характеристического полинома $n = 4$.



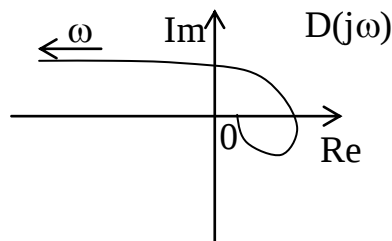
Ответы: 1) система устойчива; 2) система неустойчива ;
3) система на границе устойчивости; 4) невозможно определить.

Задание 6: Определите устойчивость системы по годографу Михайлова $D(j\omega)$.
Степень характеристического полинома $n = 1$.



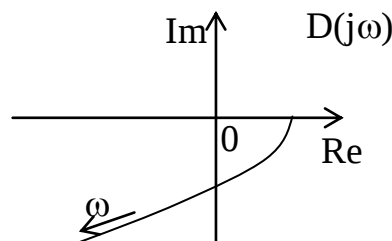
Ответы: 1) система устойчива; 2) система неустойчива ;
3) система на границе устойчивости ; 4) невозможно определить;

Задание 7: Определите устойчивость системы по годографу Михайлова $D(j\omega)$.
Степень характеристического полинома $n = 2$.



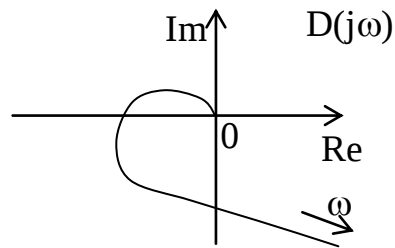
Ответы: 1) система устойчива; 2) система неустойчива ;
3) система на границе устойчивости ; 4) невозможно определить.

Задание 8: Определите устойчивость системы по годографу Михайлова $D(j\omega)$.
Степень характеристического полинома $n = 3$.



Ответы: 1) система устойчива; 2) система неустойчива ;
3) система на границе устойчивости; 4) невозможно определить;

Задание 9: Определите устойчивость системы по годографу Михайлова $D(j\omega)$.
Степень характеристического полинома $n = 4$.

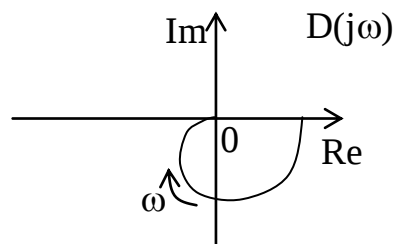


Ответы: 1) система устойчива; 2) система неустойчива;

3) система на границе устойчивости ; 4) невозможно определить.

Задание 10: Определите устойчивость системы по годографу Михайлова $D(j\omega)$.

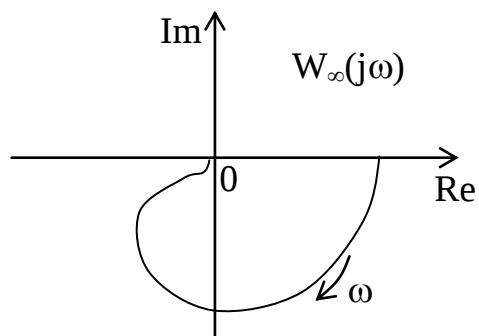
Степень характеристического полинома $n = 2$.



Ответы: 1) система устойчива; 2) система неустойчива ;

3) система на границе устойчивости; 4) невозможно определить.

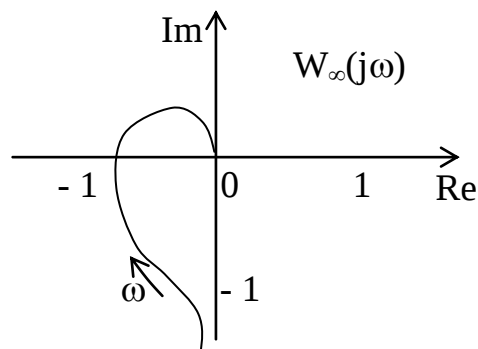
Задание 11: Определите устойчивость системы по АФХ разомкнутой системы $W_\infty(j\omega)$.



Ответы: 1) система устойчива; 2) система неустойчива;

3) система на границе устойчивости; 4) невозможно определить.

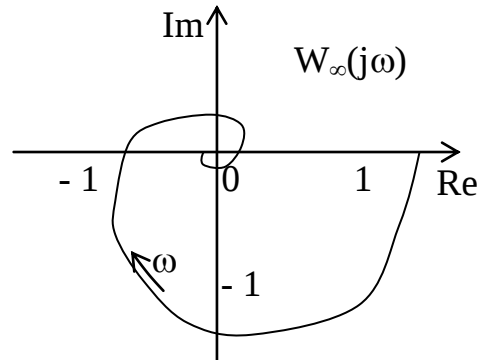
Задание 12: Определите устойчивость системы по АФХ разомкнутой системы $W_\infty(j\omega)$.



Ответы: 1) система устойчива; 2) система неустойчива ;

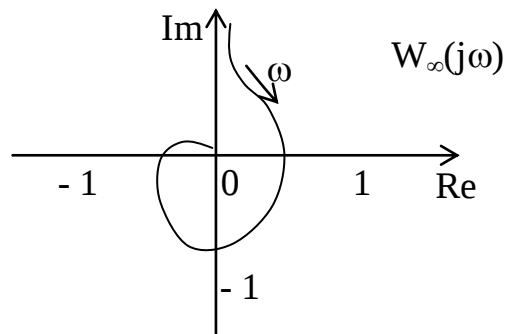
3) система на границе устойчивости ; 4) невозможно определить.

Задание 13: Определите устойчивость системы по АФХ разомкнутой системы $W_{\infty}(j\omega)$.



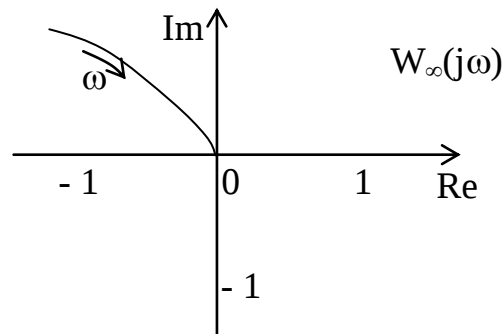
Ответы: 1) система устойчива 2) система неустойчива
3) система на границе устойчивости 4) невозможно определить

Задание 14: Определите устойчивость системы по АФХ разомкнутой системы $W_{\infty}(j\omega)$.



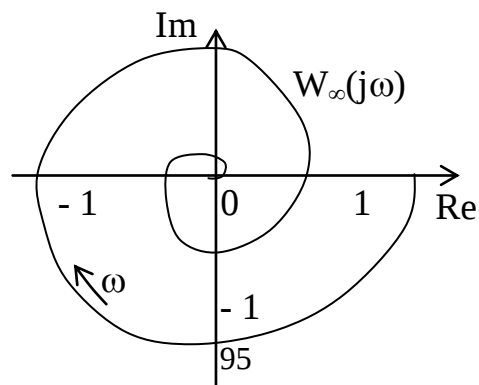
Ответы: 1) система устойчива; 2) система неустойчива ;
3) система на границе устойчивости; 4) невозможно определить.

Задание 15: Определите устойчивость системы по АФХ разомкнутой системы $W_{\infty}(j\omega)$.



Ответы: 1) система устойчива; 2) система неустойчива ;
3) система на границе устойчивости; 4) невозможно определить.

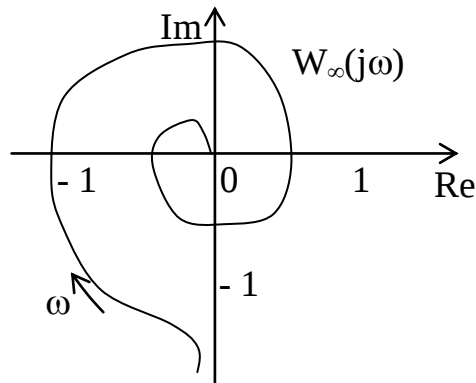
Задание 16: Определите устойчивость системы по АФХ разомкнутой системы $W_{\infty}(j\omega)$.



Ответы: 1) система устойчива; 2) система неустойчива;

3) система на границе устойчивости; 4) невозможно определить;

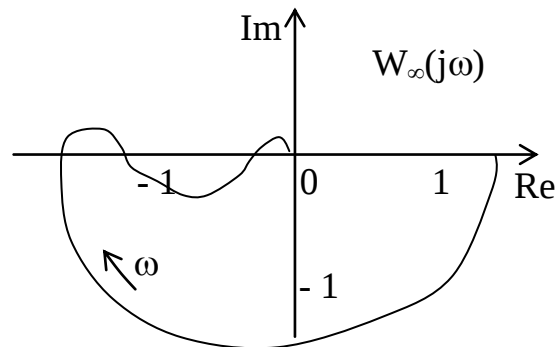
Задание 17: Определите устойчивость системы по АФХ разомкнутой системы $W_{\infty}(j\omega)$.



Ответы: 1) система устойчива ; 2) система неустойчива ;

3) система на границе устойчивости; 4) невозможно определить.

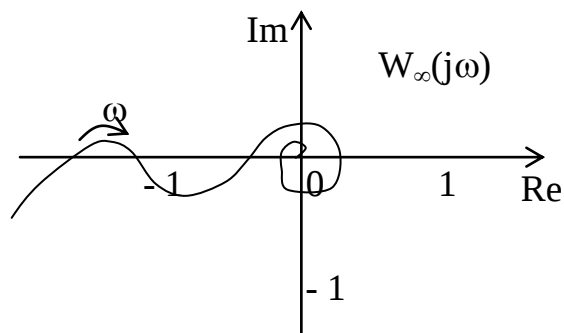
Задание 18: Определите устойчивость системы по АФХ разомкнутой системы $W_{\infty}(j\omega)$.



Ответы: 1) система устойчива; 2) система неустойчива;

3) система на границе устойчивости; 4) невозможно определить.

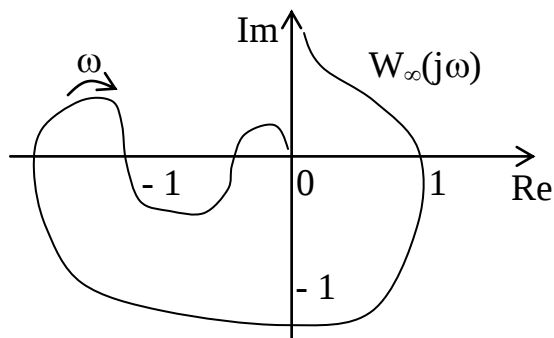
Задание 19: Определите устойчивость системы по АФХ разомкнутой системы $W_{\infty}(j\omega)$.



Ответы: 1) система устойчива; 2) система неустойчива ;

3) система на границе устойчивости; 4) невозможно определить.

Задание 20: Определите устойчивость системы по АФХ разомкнутой системы $W_{\infty}(j\omega)$.



Ответы: 1) система устойчива; 2) система неустойчива ;
3) система на границе устойчивости; 4) невозможно определить.

5.4 Функциональные обозначения приборов

Задание 1: Функциональное обозначение прибора ТЕ обозначает?

Ответы: 1) уровнемер; 2) термометр; 3) манометр; 4) расходомер; 5) индикатор температуры; 6) индикатор давления; 7) индикатор расхода; 8) индикатор уровня; 9) сигнализатор; 10) вторичный преобразователь; 11) задвижку; 12) регулятор; 13) регистрирующий прибор; 14) иное устройство.

Задание 2: Функциональное обозначение прибора FE обозначает?

Ответы: 1) уровнемер; 2) термометр; 3) манометр; 4) расходомер; 5) индикатор температуры; 6) индикатор давления; 7) индикатор расхода; 8) индикатор уровня; 9) сигнализатор; 10) вторичный преобразователь; 11) задвижку; 12) регулятор; 13) регистрирующий прибор; 14) иное устройство.

Задание 3: Функциональное обозначение прибора PI обозначает?

Ответы: 1) уровнемер; 2) термометр; 3) манометр; 4) расходомер; 5) индикатор температуры; 6) индикатор давления; 7) индикатор расхода; 8) индикатор уровня; 9) сигнализатор; 10) вторичный преобразователь; 11) задвижку; 12) регулятор; 13) регистрирующий прибор; 14) иное устройство.

Задание 4: Функциональное обозначение прибора LI обозначает?

Ответы: 1) уровнемер; 2) термометр; 3) манометр; 4) расходомер; 5) индикатор температуры; 6) индикатор давления; 7) индикатор расхода; 8) индикатор уровня; 9) сигнализатор; 10) вторичный преобразователь; 11) задвижку; 12) регулятор; 13) регистрирующий прибор; 14) иное устройство.

Задание 5: Функциональное обозначение прибора TI обозначает?

Ответы: 1) уровнемер; 2) термометр; 3) манометр; 4) расходомер; 5) индикатор температуры; 6) индикатор давления; 7) индикатор расхода; 8) индикатор уровня; 9) сигнализатор; 10) вторичный преобразователь; 11) задвижку; 12) регулятор; 13) регистрирующий прибор; 14) иное устройство.

Задание 6: Функциональное обозначение прибора FI обозначает?

Ответы: 1) уровнемер; 2) термометр; 3) манометр; 4) расходомер; 5) индикатор температуры; 6) индикатор давления; 7) индикатор расхода; 8) индикатор уровня; 9) сигнализатор; 10) вторичный преобразователь; 11) задвижку; 12) регулятор; 13) регистрирующий прибор; 14) иное устройство.

Задание 7: Функциональное обозначение прибора PT обозначает?

Ответы: 1) уровнемер; 2) термометр; 3) манометр; 4) расходомер; 5) индикатор температуры; 6) индикатор давления; 7) индикатор расхода; 8) индикатор уровня; 9) сигнализатор; 10) задвижку; 11) регулятор; 12) регистрирующий прибор; 13) иное устройство.

Задание 8: Функциональное обозначение прибора LT обозначает?

Ответы: 1) уровнемер; 2) термометр; 3) манометр; 4) расходомер; 5) индикатор температуры; 6) индикатор давления; 7) индикатор расхода; 8) индикатор уровня; 9) сигнализатор; 10) задвижку; 11) регулятор; 12) регистрирующий прибор; 13) иное устройство.

Задание 9: Функциональное обозначение прибора QE обозначает?

Ответы: 1) уровнемер; 2) термометр; 3) манометр; 4) расходомер; 5) индикатор температуры; 6) индикатор давления; 7) индикатор расхода; 8) индикатор уровня; 9) сигнализатор; 10) вторичный преобразователь; 11) задвижку; 12) регулятор; 13) регистрирующий прибор; 14) иное устройство.

Задание 10: Функциональное обозначение прибора TIR обозначает?

Ответы: 1) индикацию и регистрацию температуры; 2) индикацию и регистрацию давления; 3) прибор для измерения радиации; 4) сигнализатор температуры; 5) индикацию и регулирование температуры; 6) иную функцию.

Задание 11: Функциональное обозначение прибора TIC обозначает?

Ответы: 1) индикацию и регистрацию температуры; 2) индикацию и регистрацию давления; 3) прибор для измерения радиации; 4) сигнализатор температуры; 5) индикацию и регулирование температуры; 6) иную функцию.

Задание 12: Функциональное обозначение прибора PIR обозначает?

Ответы: 1) индикацию и регистрацию температуры; 2) индикацию и регистрацию давления; 3) прибор для измерения радиации; 4) сигнализатор температуры; 5) индикацию и регулирование температуры; 6) иную функцию.

Задание 13: Функциональное обозначение прибора TIA обозначает?

Ответы: 1) индикацию и регистрацию температуры; 2) индикацию и регистрацию давления; 3) прибор для измерения радиации; 4) сигнализатор температуры; 5) индикацию и регулирование температуры; 6) иную функцию.

Задание 14: Функциональное обозначение прибора LIR обозначает?

Ответы: 1) индикацию и регистрацию уровня; 2) индикацию и регистрацию влажности; 3) первичный прибор для измерения уровня; 4) сигнализатор уровня; 5) индикацию и регулирование уровня; 6) иную функцию.

Задание 15: Функциональное обозначение прибора LIC обозначает?

Ответы: 1) индикацию и регистрацию уровня; 2) индикацию и регистрацию концентрации; 3) первичный прибор для измерения уровня; 4) сигнализатор уровня; 5) индикацию и регулирование уровня; 6) иную функцию.

Задание 16: Функциональное обозначение прибора LIA обозначает?

Ответы: 1) индикацию и регистрацию уровня; 2) индикацию и регистрацию концентрации; 3) первичный прибор для измерения уровня; 4) сигнализатор уровня; 5) индикацию и регулирование уровня; 6) иную функцию.

Задание 17: Функциональное обозначение прибора PIA обозначает?

Ответы: 1) индикацию и регистрацию давления; 2) индикацию и сигнализацию силы; 3) первичный прибор для измерения давления; 4) сигнализатор давления; 5) индикацию и регулирование давления; 6) иную функцию.

Задание 18: Функциональное обозначение прибора PIR обозначает?

Ответы: 1) индикацию и регистрацию давления; 2) индикацию и сигнализацию силы; 3) первичный прибор для измерения давления; 4) сигнализатор давления; 5) индикацию и регулирование давления; 6) иную функцию.

Задание 19: Функциональное обозначение прибора PIC обозначает?

Ответы: 1) индикацию и регистрацию давления; 2) индикацию и сигнализацию силы; 3) первичный прибор для измерения давления; 4) сигнализатор давления; 5) индикацию и регулирование давления; 6) иную функцию.

Задание 20: Функциональное обозначение прибора PICA обозначает?

Ответы: 1) индикацию и регистрацию давления; 2) индикацию и сигнализацию силы; 3) первичный прибор для измерения давления; 4) регистратор давления; 5) индикацию, сигнализацию и регулирование давления; 6) иную функцию.

Задание 21: Функциональное обозначение прибора PIRCA обозначает?

Ответы: 1) только индикацию и регистрацию давления; 2) индикацию и сигнализацию силы; 3) первичный прибор для измерения давления; 4) только регистрацию давления; 5) индикацию, регистрацию, сигнализацию и регулирование давления; 6) иную функцию.

Задание 22: Функциональное обозначение прибора FFC обозначает?

Ответы: 1) регулирование расхода; 2) регулирование усилия; 3) регулятор перемещения; 4) регистрацию влажности; 5) регулирование соотношения расходов; 6) иную функцию.

Задание 23: Функциональное обозначение прибора FC обозначает?

Ответы: 1) регулирование расхода; 2) регулирование усилия; 3) регулятор перемещения; 4) регистрацию влажности; 5) регулирование соотношения расходов; 6) иную функцию.

Задание 24: Функциональное обозначение прибора MR обозначает?

Ответы: 1) регулирование расхода; 2) регулирование усилия; 3) регулятор перемещения; 4) регистрацию влажности; 5) регулирование соотношения расходов; 6) иную функцию.

Задание 25: Функциональное обозначение прибора GC обозначает?

Ответы: 1) регулирование расхода; 2) регулирование усилия; 3) регулятор перемещения; 4) регистрацию влажности; 5) регулирование соотношения расходов; 6) иную функцию.

Задание 26: Функциональное обозначение прибора TT обозначает?

Ответы: 1) прибор для измерения температуры; 2) регистратор температуры; 3) таймер; 4) температурное реле; 5) регулятор температуры; 6) иную функцию.

Задание 27: Функциональное обозначение прибора TRK обозначает?

Ответы: 1) прибор для измерения температуры; 2) регистратор температуры; 3) таймер; 4) температурное реле; 5) регулятор температуры; 6) иную функцию.

Задание 28: Функциональное обозначение прибора TS обозначает?

Ответы: 1) прибор для измерения температуры; 2) регистратор температуры; 3) таймер; 4) температурное реле; 5) регулятор температуры; 6) иную функцию.

Задание 29: Функциональное обозначение прибора TC обозначает?

Ответы: 1) прибор для измерения температуры; 2) регистратор температуры; 3) таймер; 4) температурное реле; 5) регулятор температуры; 6) иную функцию.

Задание 30: Функциональное обозначение прибора HS обозначает?

Ответы: 1) реле уровня; 2) сигнализатор уровня; 3) кнопку; 4) датчик скорости; 5) кнопку с подсветкой; 6) иную функцию.

Задание 31: Функциональное обозначение прибора HSA обозначает?

Ответы: 1) реле уровня; 2) сигнализатор уровня; 3) кнопку; 4) датчик скорости; 5) кнопку с подсветкой; 6) иную функцию.

Задание 32: Функциональное обозначение прибора LS обозначает?

Ответы: 1) реле уровня; 2) сигнализатор уровня; 3) кнопку; 4) датчик скорости; 5) кнопку с подсветкой; 6) иную функцию.

Задание 33: Функциональное обозначение прибора LA обозначает?

Ответы: 1) реле уровня; 2) сигнализатор уровня; 3) кнопку; 4) датчик скорости; 5) кнопку с подсветкой; 6) иную функцию.

Задание 34: Функциональное обозначение прибора SE обозначает?

Ответы: 1) реле уровня; 2) сигнализатор уровня; 3) кнопку; 4) датчик скорости; 5) кнопку с подсветкой; 6) иную функцию.

Задание 35: Функциональное обозначение прибора SA обозначает?

Ответы: 1) реле уровня; 2) сигнализатор уровня; 3) кнопку; 4) датчик скорости; 5) кнопку с подсветкой; 6) иную функцию.

Задание 36: Функциональное обозначение прибора PDR обозначает?

Ответы: 1) регулирование давления; 2) регистрацию давления; 3) регулятор перемещения; 4) регистрацию давления и плотности; 5) регулирование разности давлений; 6) регистрацию разности давлений; 7) иную функцию.

Задание 37: Функциональное обозначение прибора PDC обозначает?

Ответы: 1) регулирование давления; 2) регистрацию давления; 3) регулятор перемещения; 4) регистрацию давления и плотности; 5) регулирование разности давлений; 6) регистрацию разности давлений; 7) иную функцию.

Задание 38: Функциональное обозначение прибора PDIR обозначает?

Ответы: 1) регулирование давления; 2) регистрацию давления; 3) регулятор перемещения; 4) регистрацию давления и плотности; 5) индикацию и регулирование разности давлений; 6) индикацию и регистрацию разности давлений; 7) иную функцию.

Задание 39: Функциональное обозначение прибора PDIC обозначает?

Ответы: 1) регулирование давления; 2) регистрацию давления; 3) регулятор перемещения; 4) регистрацию давления и плотности; 5) индикацию и регулирование разности давлений; 6) индикацию и регистрацию разности давлений; 7) иную функцию.

Задание 40: Функциональное обозначение прибора EI обозначает?

Ответы: 1) прибор для измерения какой-либо электрической величины; 2) регистратор; 3) задвижку; 4) электродвигатель; 5) иную функцию.

Задание 41: Функциональное обозначение прибора RIA обозначает?

Ответы: 1) регистрацию и индикацию тока; 2) индикацию и сигнализацию радиации; 3) прибор-интегратор с сигнализацией; 4) сигнализатор влажности; 5) иную функцию.

Задание 42: Функциональное обозначение прибора SR обозначает?

Ответы: 1) реле; 2) переключатель; 3) сигнализатор радиации; 4) прибор для измерения скорости регистрирующий; 5) переключатель скорости; 6) иную функцию.

Задание 43: Функциональное обозначение прибора VI обозначает?

Ответы: 1) прибор для измерения скорости показывающий; 2) вискозиметр; 3) индикатор скорости вращения; 4) индикатор объема; 5) иную функцию.

Задание 44: Функциональное обозначение прибора WIA обозначает?

Ответы: 1) прибор для измерения мощности с сигнализацией; 2) индикатор и сигнализатор скорости вращения; 3) прибор для измерения массы сигнализирующий; 4) иную функцию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Втюрин В.А. Системы управления химико-технологическими процессами: учеб. пособие к выполнению курсовой работы для студентов специальности 240406. – СПб., 2010.
2. ГОСТ 21. 404 – 85 «Система проектной документации. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах».
3. Кузьменко Н.В. Автоматизация технологических процессов и производств. Конспект лекций: учеб. пособие для студентов заочной формы обучения по дисциплине: в 2-х частях. Ч. I. – Ангарск: АГТА, 2005.
4. Иванова Г.В. Автоматизация технологических процессов основных химических производств: метод. пособие. – Ч. 1/ СПбГТИ (ТУ). - СПб., 2003. - 70 с.
5. Иванова Г.В. Автоматизация технологических процессов основных химических производств: метод. пособие. - Ч. 2 / СПбГТИ (ТУ). - СПб., 2003. - 70 с.
6. Голубятников В.А. Автоматизация производства в химической промышленности. - М.: Химия, 1995.
7. Беспалов А.В. Системы управления химико-технологическими процессами: учебник. - М.: ИКЦ «АКАДЕМКНИГА», 2007.
8. Дикусар Ю.Г. Теория АУ. - Севастополь: СНУЯЭиП, 2013.

Учебное издание

Черкашина Наталья Игоревна

**СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ
ПРОЦЕССАМИ**

Учебно-методическое пособие

Редактор – О.В. Дмитриева

Изд. № 158/18. Объем 6,5 п.л.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»