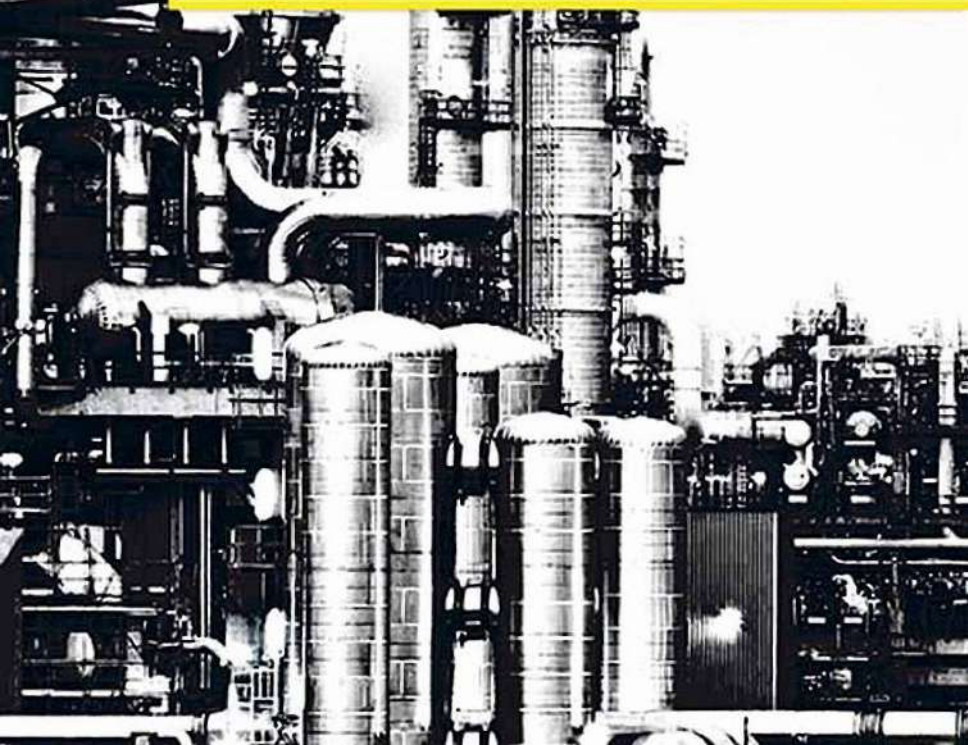




К. А. Карпов

ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВ НЕФТЕГАЗОХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА



К. А. КАРПОВ

ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВ НЕФТЕГАЗОХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Издание второе, стереотипное



• САНКТ-ПЕТЕРБУРГ •
• МОСКВА • КРАСНОДАР •
• 2019 •

УДК 665.7
ББК 32.965я73
К 26

Карпов К. А.
К 26 Основы автоматизации производств нефтегазохимического комплекса: Учебное пособие. — 2-е изд., стер. — СПб.: Издательство «Лань», 2019. — 108 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература).

ISBN 978-5-8114-4187-7

Пособие посвящено рассмотрению основных аспектов автоматизации управления на предприятиях нефтегазохимического комплекса (НГХК) на различных уровнях: от автоматизированных систем управления (АСУ) предприятием и оперативного управления производствами до АСУ отдельными типовыми процессами (гидромеханическими, тепловыми, массообменными). Приведены принципы взаимодействия между различными уровнями управления на современных предприятиях НГХК. Подробно излагаются основы проектирования схем автоматизации технологических процессов. В приложении приведены задания для выполнения практической работы.

Книга предназначена для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров «Менеджмент», при изучении дисциплин, формирующих совокупность знаний в области управления производствами на предприятиях НГХК.

УДК 665.7
ББК 32.965я73

Рецензенты:

К. Б. ГРЕКОВ — доктор технических наук, профессор Санкт-Петербургского университета телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича;

В. Л. ИВАНОВ — кандидат технических наук, старший научный сотрудник, зав. кафедрой автоматизации биотехнологических и теплофизических процессов Санкт-Петербургского национально-го исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики.

Обложка
Е. А. ВЛАСОВА

© Издательство «Лань», 2019
© К. А. Карпов, 2019
© Издательство «Лань»,
художественное оформление, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
Глава 1. Этапы развития и роль автоматизации на предприятиях НГХК	6
1.1. Этапы развития автоматизации	6
1.2. Роль автоматизации в НГХК	10
Глава 2. Автоматизированные системы управления предприятиями НГХК на различных уровнях	13
2.1. Промышленное предприятие как единая многоуровневая система	13
2.2. Автоматизация управления предприятием...	19
2.3. Состав задач управления предприятием	21
Глава 3. Принципы взаимодействия между различными уровнями управления на предприятиях НГХК ..	24
3.1. Интегрированные автоматизированные системы управления	24
3.2. Основные направления интеграции	26
Глава 4. Системы автоматизированного управления технологическими процессами	29
4.1. Назначение систем автоматизированного управления технологическими процессами...	29
4.2. Основные функции АСУ ТП	32
4.3. Общая характеристика АСУ ТП	34
4.4. Структура АСУ ТП	36
4.5. Основные режимы функционирования АСУ ТП ..	37
Глава 5. Технологические объекты управления	40
5.1. Технологический режим и возмущающие воздействия	40
5.2. Классификация технологических объектов управления	43
5.3. Системы управления технологическими объектами	46
5.4. Оперативный технологический персонал и устройства управления технологическими параметрами и оборудованием	53

Глава 6. Автоматизированные системы аналитического контроля, сигнализации и регулирования	57
6.1. Выбор контролируемых величин	57
6.2. Выбор сигнализируемых величин	58
6.3. Выбор параметров и способов защиты	59
6.4. Системы автоматического регулирования технологических процессов	61
Глава 7. Выбор параметров управления и средств автоматизации	64
7.1. Выбор параметров управления	64
7.2. Показатели надежности систем управления	67
7.3. Выбор средств автоматизации	68
Глава 8. Система условных обозначений средств контроля и регулирования	70
8.1. Условные обозначения в схемах автоматизации	70
8.1.1. Графические обозначения	70
8.1.2. Буквенные обозначения	72
8.2. Схемы контроля, регулирования и сигнализации	79
Глава 9. Разработка схемы автоматизации процесса ректификации	87
9.1. Обоснование выбора параметров управления процессом ректификации	87
9.2. Схема и спецификация средств автоматизации процесса ректификации	91
Заключение	94
Глоссарий	95
Библиографический список	97
Приложение. Задания для выполнения практической работы ..	98

ВВЕДЕНИЕ

На предприятиях нефтегазохимического комплекса (НГХК) автоматизации уделяется особое внимание. Это объясняется сложностью и высокой скоростью протекания многих технологических процессов, а также чувствительностью их к нарушению режима, вредностью условий работы, взрыво- и пожароопасностью реагентов и т. д.

Современный этап развития химической и нефтехимической промышленности характеризуется интенсификацией производственных процессов, применением агрегатов большой единичной мощности, созданием предприятий нового типа, состоящих из ограниченного числа крупнотоннажных производств.

Интенсификация производств, повышение требований к соблюдению регламентированных показателей обуславливают необходимость дальнейшего совершенствования управления предприятием НГХК и, в частности, создания соответствующих автоматизированных систем управления.

Рассмотрению основных аспектов автоматизации управления предприятиями нефтегазохимического комплекса на различных уровнях посвящено настоящее учебное пособие.

В пособии кратко изложены три уровня автоматизированного управления предприятием НГХК – от предприятия в целом, через оперативное управление производствами – до отдельных агрегатов, установок и типовых технологических процессов (тепловых, массообменных и пр.).

Особое место в пособии занимают те основные положения, которые необходимы для разработки схем автоматизации некоторых типовых технологических процессов.

Знание перечисленных выше факторов, их умелое и правильное использование при решении аппаратурно-технологических задач во многом определяет технико-экономический успех организации всего технологического процесса производства.

Автор выражает искреннюю благодарность уважаемым рецензентам: профессору, д-ру техн. наук К. Б. Грекову и старшему научному сотруднику, канд. техн. наук В. Л. Иванову за внимательное прочтение рукописи.

ГЛАВА 1

ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ И РОЛЬ АВТОМАТИЗАЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НГХК

1.1. Этапы развития автоматизации

Развитие автоматизации можно условно подразделить на пять этапов, связанных с научно-техническим прогрессом и социально-экономическими условиями производства.

Первый этап – механизация труда, сущность которой сводится к тому, что машины и аппараты выполняют вместо человека работу, требующую физических усилий. Таким образом, первоначальное внедрение автоматизации связано с передачей функций управления работой машины, агрегата, станка, автомата по заранее заданной программе. Каждая единица установленного автоматизированного оборудования на производственном участке работает автономно наряду с работой других машин, автоматизированных или неавтоматизированных.

В аппаратурных процессах на первоначальном этапе автоматизация была направлена на регулирование отдельных технологических параметров или процессов. Управление производственным процессом в целом остается при этом за человеком.

Второй этап – автоматизация контроля производства, характеризуется созданием и применением приборов, выполняющих функции наблюдения за ходом технологического процесса. Такие приборы значительно надежнее человека могут следить за изменением параметров, характеризующих технологический процесс.

На втором этапе развития создаются автоматизированные производственные участки, на которых в единое производственное целое соединяются машины-автоматы. В химических производствах на этом этапе создаются локальные схемы автоматического регулирования технологическими про-

цессами. На основе использования средств автоматического аналитического контроля продуктов производства непосредственно на технологических установках, регулирование хода процесса осуществляется путем стабилизации и оптимизации установленных норм технологического режима.

При создании локальных схем автоматического регулирования функции управления технологическим процессом выполняются автоматически по отношению к данному процессу. В цехе или на участке может быть несколько автоматизированных технологических линий, которые работают автономно, независимо друг от друга. Роль рабочего при локальной автоматизации сводится к контролю за работой автоматических устройств и ходом процесса. Внедрение локальных схем автоматизации позволяет существенно сократить численность обслуживающего персонала и повысить производительность труда.

Третий этап – автоматизация управления отдельными агрегатами, т. е. частичная автоматизация производства. На этом этапе механизмам и приборам передают некоторые функции управления, выполнявшиеся ранее человеком.

На третьем этапе характерным является создание автоматизированных систем управления отдельными технологическими установками и производствами с законченным технологическим циклом. Управление при этом осуществляется автоматически всем производством. При наличии в составе производства локальных систем автоматического регулирования, управление производством осуществляется путем воздействия на эти системы. На этом этапе автоматизация приобретает комплексный характер относительно данного производства или цеха.

Четвертый этап – комплексная автоматизация производственных процессов.

Комплексная автоматизация включает не только регулирование хода технологического процесса, но и выполнение планово-экономических и управленческих функций на основе использования электронно-вычислительной техники. На уровне внедрения комплексной автоматизации разрабатывается соответствующий алгоритм управления производством или цехом, устанавливается критерий оптимальности, разра-

батывается программа, по которой осуществляется автоматическое управление производством. Эффективность комплексной автоматизации значительно выше, чем при создании локальных систем, за счет оптимизации всего производства, позволяющей при стабилизации технологического режима достигать лучших показателей по качеству выпускаемой продукции, экономному использованию материальных, топливно-энергетических и трудовых ресурсов.

Комплексная автоматизация предполагает внедрение автоматизации управления производственными комплексами, включающими цехи с технологически однородными законченными производствами. Ее внедрение связано с совершенствованием технологии и организации производства, с разработкой более сложного алгоритма управления производственными комплексами и выбором критерия оптимальности.

Пятый этап – создание автоматизированной системы управления всем предприятием, включая отдельные производства, комплексы цехов, вспомогательные службы и звенья. На этом уровне осуществляется автоматическое регулирование всех параметров технологического процесса во всех звеньях предприятия, автоматический контроль, планирование, учет и анализ технико-экономических показателей, на основе которых вырабатываются решения и создаются оптимальные условия функционирования отдельных звеньев и предприятия в целом. Такая система автоматического управления приводит к созданию заводов-автоматов.

Этот этап автоматизации является наиболее сложным для практического осуществления как в техническом, так и в организационном и экономическом отношениях. Техническая сложность связана с необходимостью внедрения более совершенной техники и технологии производства и применения специализированных устройств для выполнения контроля и управления различными сторонами производственно-хозяйственной деятельности предприятия. Организационные проблемы, связанные с созданием автоматизированной системы управления предприятием, заключаются в необходимости перестройки управления производством, приспособления его к требованиям централизации выполнения контрольных, учетных и регулировочных функций. Усложнение

экономических задач обусловлено необходимостью разработки алгоритма для управления предприятием и нахождения комплексного критерия оптимальности.

В химической промышленности автоматизация получила развитие как по линии создания автоматизированных систем управления отдельными процессами и производствами, так и путем автоматизации управленческого труда.

В настоящее время все большее внимание уделяется созданию новых средств автоматизации и оптимизации всех трех уровней управления предприятий: стратегическом, оперативном и технологическом. Главным вопросом является автоматизация среднего (оперативного) звена управления, центральным элементом которого являются процессы диспетчеризации, т. е. интеграционные процессы, координирующие и связывающие воедино весь цикл управления производством.

Создающиеся центры оперативного управления выполняют роль «интерфейса» между бизнес-системами, приложениями и представлениями стратегического уровня, работающими не в реальном масштабе времени и производственными процессами, работающими в реальном масштабе времени. Такая интегрированная система позволяет оперативно решать важные задачи, связанные с управлением бизнесом. Например, можно практически в режиме реального времени определять себестоимость выпускаемой продукции и видеть структуру себестоимости, формировать заказы на исходные материалы, на транспорт для доставки готовой продукции, анализировать причины потерь, выявлять неэффективные процессы, анализировать причины расхождений между плановыми и фактическими данными, оптимальным образом использовать имеющиеся производственные мощности и т. д.

Выбор конкретной системы оперативного управления для внедрения на данном предприятии – сложная и многокритериальная задача. Практически все объективные соображения, которыми руководствуются при выборе системы (функциональные возможности, стоимость системы и т. п.), выводятся на начальной стадии разработки системы оперативного управления.

1.2. Роль автоматизации в НГХК

В современных производствах широко используются аппараты при повышенных нагрузках, применяются машины огромной мощности. Сами производства имеют значительные масштабы и сложность. Химические процессы протекают при повышенных значениях давления, температуры и скорости химических реакций. При этом ручной труд даже в механизированном производстве становится просто недопустимым.

Например, в производстве полиэтилена давление достигает 300 МПа, при получении карбида кальция из угля (кокса, антрацита) и негашеной извести температура в электрических печах равна 3 000°C, процесс обжига серного колчедана в кипящем слое продолжается несколько секунд.

В таких условиях даже опытный рабочий часто не в состоянии своевременно воздействовать на процесс в случае отклонения его от нормы, а это может привести к авариям, пожарам, взрывам, порче большого количества сырья и полуфабрикатов.

Ограниченные возможности человеческого организма (утомляемость, недостаточная скорость реакции на изменение окружающей обстановки и на большое количество одновременно поступающей информации, субъективность в оценке сложившейся ситуации и т. д.) являются препятствием для дальнейшей интенсификации производства. Наступает новый этап машинного производства – автоматизация, когда человек освобождается от непосредственного участия в производстве, а функции управления технологическими процессами, механизмами, машинами передаются автоматическим устройствам.

Системы и средства автоматизации химико-технологических процессов решают целый ряд важнейших проблем, связанных с производством химической продукции:

- повышение производительности труда;
- увеличение количества, улучшение качества и снижение себестоимости выпускаемой продукции;
- создание условий для оптимального использования всех ресурсов производства.

Внедрение автоматических устройств обеспечивает:

- высокое качество продукции, сокращение брака и отходов;
- уменьшение затрат сырья и энергии;
- уменьшение численности основных рабочих;
- снижение капитальных затрат на строительство зданий (производство организуется под открытым небом);
- увеличение сроков межремонтного пробега оборудования.

Проведение некоторых современных технологических процессов возможно только при условии их полной автоматизации (например, процессы, осуществляемые на атомных установках и в паровых котлах высокого давления, процессы дегидрирования и др.). При ручном управлении такими процессами малейшее замешательство человека и несвоевременное воздействие его на процесс могут привести к серьезным последствиям.

Внедрение специальных автоматических устройств способствует:

- безаварийной работе оборудования;
- исключает случаи травматизма;
- предупреждает загрязнение атмосферного воздуха и водоемов промышленными отходами.

Автоматизация производства не может полностью вытеснить человека из сферы производства, но труд его приобретает новое качество – становится более сложным и содержательным. В автоматизированном производстве человек переключается на творческую работу – анализ результатов управления, составление заданий и программ для автоматических приборов, наладку сложных автоматических устройств и т. д. Для обслуживания агрегатов, оснащенных сложными системами автоматизации, требуются специалисты с высоким уровнем знаний.

Таким образом, работа одного человека становится такой же важной, как и работа целого подразделения (участка, цеха, лаборатории). Одновременно с изменением характера труда изменяется и содержание рабочей квалификации. Профессии, основанные на тяжелом физическом труде, упраздняются, а удельный вес научно-технических работников быстро растет.

Задачи, которые решаются при автоматизации современных химических производств, весьма сложны. От специалистов требуются знания не только устройства различных приборов, но и общих принципов составления систем автоматического управления.

Контрольные вопросы

1. Перечислите и охарактеризуйте основные этапы развития автоматизации производств нефтегазохимического комплекса.
2. Какое влияние оказывает автоматизация на основные показатели эффективности производства?
3. Какова роль человека в современном автоматизированном производстве?

ГЛАВА 2

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯМИ НГХК НА РАЗЛИЧНЫХ УРОВНЯХ

2.1. Промышленное предприятие как единая многоуровневая система

Автоматизированное управление промышленным предприятием включает три уровня (рис. 1).

На первом (верхнем) уровне¹ на основе информационно-функциональной модели предприятия в целом применяются системы оперативного управления совокупностью производств, планированием запасов сырья и их распределением по производствам, планированием распределения готовых продуктов, организацией транспорта и др. Создаются так называемые автоматизированные системы управления предприятием (АСУП).

Верхний уровень управления предприятием можно разделить на две составляющие:

- стратегическую;
- тактическую.

Пользователями информации подуровня принятия стратегических решений являются владельцы компаний и топ-менеджеры. Здесь описываются и оптимизируются базовые бизнес-процессы предприятий, определяются организационная структура и основные персоналии, ответственные за те или иные процедуры.

Для эффективного управления компанией необходимо выработать показатели эффективности бизнеса, что позволит принимать ключевые решения и определять стратегии развития.

¹ При рассмотрении автоматизированного управления технологическими процессами используется обратная нумерация уровней управления, т. е. за первый уровень АСУ принимаются отдельные типовые процессы, являющиеся основой любого промышленного предприятия и т. д.

**Рис. 1**

Пирамида управления предприятием

Пользователями подуровня тактического управления являются менеджеры среднего и высшего звена, которые принимают тактические решения, например, в области производства или логистики. Для этого здесь формализуются бизнес-процессы, разрабатываются инструкции. Важнейшими функциями данного уровня являются планирование и бюджетирование.

Уровень принятия стратегических решений и тактического управления представлен ERP-системами (табл. 1).

На втором уровне (уровне оперативного управления) для достижения оптимальности производства в целом координируется совместное функционирование отдельных процессов, объединенных в агрегаты и комплексы, составляющие технологическую схему. Используемая на этом уровне

управляющая вычислительная система (УВС)¹, являясь базой автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУ ТП), вырабатывает задания регуляторам систем автоматического регулирования (САР) третьего уровня с целью оптимизации как отдельных процессов в непрерывно изменяющихся условиях, так и производства в целом.

Пользователями уровня оперативного управления являются, прежде всего, менеджеры производства (начальники производств, цехов, технологи и др.). Основными задачами этого уровня MES-систем являются: контроль и управление производственным процессом и загрузкой оборудования, контроль исполнения заказов, управление движением сырья и материалов, а также задача управления основными фондами предприятия (табл. 1).

Таблица 1

Наименования типов систем, используемых в контексте АСУП

Аббревиатура	Краткая характеристика
ERP (Enterprise Resource Planning)	<i>Планирование ресурсов предприятия</i> Ориентированы на бизнес-процессы предприятия. Основные задачи: – эффективное управление сбытом и снабжением; – контроль за финансовыми и материальными потоками; – планирование выпуска продукции
ERP II (Enterprise Resource & Relationship Processing)	<i>Управление ресурсами и взаимоотношениями предприятия</i> Дополняет ERP с позиций выхода предприятия во внешний мир
MRP (Manufacturing Requirement Planning)	<i>Планирование ресурсов производства</i> Решение задач организации производства на отдельном участке (цехе, установке). В основе MRP лежит использование BOM [Bill of material – ведомость (перечень) материалов] – подробной описи всех материалов и компонентов, из которых изготовлен продукт, с указанием их характеристик и количеств

¹ Отличительная особенность УВС – наличие в ней наряду с основными устройствами, входящими в состав всех вычислительных сред (ВС), широкой номенклатуры внешних устройств для автоматического сбора, передачи, преобразования и отображения информации.

Продолжение табл. 1

MRP II (Material Requirement Planning)	<p><i>Планирование потребностей в материалах</i></p> <p>Ориентированы на технологические подразделения предприятия.</p> <p>Основные функции:</p> <ul style="list-style-type: none"> – бизнес-планирование; – планирование продаж и операций; – объемно-календарное планирование; – планирование потребности в материалах; – планирование потребности в производственных мощностях. <p>Также MRP II, включает: планирование потребности в производственных мощностях (CRP – Capacity Requirement Planning) и статистическое управление складскими запасами (SIC – Statistical Inventory Control)</p>
EAM (Enterprise Asset Management)	<p><i>Управление основными фондами предприятия</i></p> <p>Предлагают наиболее оптимальные и сбалансированные решения в области управления производственными ресурсами и максимизации эксплуатационной готовности фондов</p>
IRP (Intelligent Resource Planning)	<p><i>Интеллектуальное планирование ресурсов</i></p> <p>Являются развитием ERP и MRP II, характеризуются динамической адаптацией к изменяющимся задачам предприятия и оперативным взаимодействием с поставщиками и потребителями</p>
MES (Manufacturing Execution Systems)	<p><i>Исполнительные системы производства</i></p> <p>Находятся на уровне технологического процесса, но с технологией напрямую не связаны.</p> <p>Основные задачи:</p> <ul style="list-style-type: none"> – бизнес-планирование; – управление производственными и людскими ресурсами в рамках технологического процесса; – планирование и контроль последовательности операций технологического процесса; – управление качеством продукции; – хранение исходных материалов и произведенной продукции по технологическим подразделениям; – техническое обслуживание производственного оборудования; – связь систем ERP и SCADA/DCS

На третьем уровне (нижнем уровне), который состоит из отдельных типовых процессов (гидромеханических, тепловых, химических и др.), посредством АСУ ТП осуществляется управление этими процессами (табл. 2). Оно сводится в основном к локальной стабилизации материальных и энергетических потоков в аппаратах с помощью САР. Для формирования законов управления используются математические модели, позволяющие прогнозировать стационарные и динамические свойства процессов. На основе анализа моделей выявляются каналы управления и определяются законы изменения управляющих воздействий, обеспечивающие требуемое качество управления. Подобные задачи относятся к задачам синтеза систем управления и решаются с применением специальных методов теории оптимизации процессов. Если адекватные математические модели отсутствуют, то для построения схем автоматического регулирования первого уровня используются опытные данные (кривые разгона), получаемые непосредственно на рассматриваемом объекте.

Таблица 2

Наименования типов систем, используемых в контексте АСУ ТП

Аббревиатура	Краткая характеристика
PLC (Programmable Logic Controllers)	<i>Программируемые логические контроллеры</i>
DCS (Distributed Control Systems)	<p><i>Распределенные системы управления</i></p> <p>Системы управления распределенной производственной средой в масштабах установки или цеха. Стандартная DCS состоит из отдельных узлов (на основе PLC), объединенных в сеть по интерфейсам.</p> <p>Каждый узел выполняет одну или несколько задач:</p> <ul style="list-style-type: none"> – сбор и обработка информации от набора измерительных устройств; – управление участком производственного процесса (с помощью управляющих устройств); – архивирование данных; – управление пользовательскими интерфейсами и отображение данных; – расчетные задачи по оптимизации производственного процесса; – связь с другими системами

Продолжение табл. 2

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)	<i>Диспетчерское (оперативное) управление и сбор данных</i> Отличаются от DCS функциональной разнородностью узлов, программной реализацией функций контроля и управления, архитектурой (клиент-серверная, многозвенная), большей ориентацией на удобства оператора
MMI (Man Machine Interface), HMI (Human MI)	<i>Человеко-машинный интерфейс</i> Обобщающее название для SCADA и DCS
Batch Control	<i>Последовательное управление</i> Концепции и понятия последовательного управления позволяют оптимизировать производственный цикл (необязательно замкнутый) в последовательно непрерывных отраслях (в том числе нефтеперерабатывающей) на основе математических моделей и алгоритмов
Примечание. <i>Контроллеры</i> (англ. controller – регулятор, диспетчер) – это специализированные технические устройства, предназначенные для приема и обработки сигналов от каких-либо датчиков, а также для управления внешними устройствами на основании результатов обработки принятых сигналов.	

Нижний уровень – это технологический уровень, на котором собираются данные с цехового оборудования, обрабатываются и обобщаются. Это базовый уровень с точки зрения получения информации о фактическом выполнении производственных заказов и отдельных операций по ним. Здесь же происходит управление базовыми процессами – технологией производства.

Технологический уровень обычно реализуется системами АСУ ТП – SCADA и подобными им в зависимости от поставленных задач (табл. 2).

На новых предприятиях и так называемых «средних» (по мощности) распространена двухуровневая система управления, при которой задачи первого и второго уровней решаются совместно.

2.2. Автоматизация управления предприятием

Цель деятельности современного химического предприятия – выполнение планов по производству и поставкам высококачественной продукции при минимальных затратах на ее производство. Достижение этой цели возможно при выполнении следующих условий:

- строгое соблюдение установленных сроков и объемов производства и поставок продукции;
- обеспечение постоянного соответствия технического уровня качества выпускаемой продукции современным стандартам;
- повышение эффективности использования всех видов ресурсов (трудовых, материальных, финансовых, основных производственных фондов предприятия);
- совершенствование производственно-технической базы предприятия в соответствии с новейшими достижениями науки, техники, технологии и организации производства;
- повышение степени удовлетворенности трудом, обеспечение материальных и духовных потребностей членов коллектива, улучшение условий труда, быта и отдыха;
- выполнение предприятием установленных требований и норм воздействия процессов производства и выпускаемой продукции на окружающую среду, рациональное использование природных ресурсов;
- повышение уровня организации производства и управления предприятием.

Каждый из перечисленных пунктов реализуется за счет выполнения многочисленных специальных функций управления.

Решением задач управления на предприятии занят *административно-управленческий персонал (АУП)* – руководители предприятия, инженерно-технические работники и служащие заводоуправления и цехов. В соответствии с выполняемыми функциями управления они объединены в функциональные службы, которые в совокупности представляют функциональную структуру предприятия. Основными из них являются производственный, планово-экономический, технический и конструкторский отделы, бухгалтерия,

отделы маркетинга, сбыта, материально-технического снабжения, кадров, труда и заработной платы, управления качеством продукции, научной организации труда, главного механика, энергетика.

Автоматизация управления должна осуществляться под руководством первого руководителя и может повлечь за собой изменения в производственной и функциональной структурах предприятия:

- создание новых подразделений и преобразование имеющихся;
- перераспределение обязанностей между работниками подразделений;
- уточнение функций и задач подразделений;
- изменение системы документооборота и формы документов;
- уточнение степени централизации управления;
- более рациональное распределение операции управления между человеком и вычислительной средой (ВС).

В условиях решения задач управления с помощью вычислительной техники за человеком остается важнейшая операция управления – принятие управленческого решения. Техническим средствам передаются более простые и легко формализуемые операции по сбору информации, контролю за ее достоверностью, анализу создавшейся ситуации, разработке планов и нормативов, подготовке управленческого решения.

На крупных предприятиях автоматизация управления проводится за счет индивидуального использования вычислительной техники на базе АСУП. АСУП – это человеко-машинная система, объединяющая административно-управленческий персонал предприятия, вычислительную и организационную технику. Она предназначена для автоматизированного сбора, передачи и обработки производственно-экономической и социальной информации с целью подготовки и принятия управленческих решений. Работы по автоматизации управления на предприятии возлагаются на специализированное подразделение (отдел, служба, лаборатория) АСУП.

2.3. Состав задач управления предприятием

Автоматизируемые задачи управления предприятием по функциональной направленности объединены в следующие подсистемы (в зависимости от конкретных производственных условий на предприятии могут разрабатываться и другие подсистемы, комплексы задач и отдельные задачи).

Подсистема технической и технологической подготовки производства (ТПП). Данная подсистема решает задачи технического отдела и способствует сокращению сроков разработки, повышению качества новых и совершенствованию существующих техники и технологии.

К основным задачам подсистемы можно отнести следующие расчеты:

- норм расхода сырья, основных материалов и энергоресурсов на единицу продукции;
- относительных выходов продуктов и потерь сырья;
- нормативной трудоемкости и расценок на товарную продукцию.

Часть задач этой подсистемы направлена на конструирование новых и совершенствование существующих технологических аппаратов. Так, при помощи специальных программ производят расчеты сложных аппаратов массо- и теплообмена, конструкторские расчеты на прочность и надежность, расчеты исполнительных механизмов и сужающих устройств (данные задачи решаются для специалистов конструкторских отделов).

Подсистема технико-экономического планирования (ТЭП) решает задачи планово-экономического отдела и предназначена для планирования путем разработки и обоснования производственной программы, которая обеспечит, с одной стороны, выпуск товарной продукции, а с другой – минимальные затраты на выпуск этой продукции при имеющихся производственных мощностях и выделенных материальных ресурсах. Эта подсистема, в частности, позволяет провести расчет перспективного плана выпуска продукции, плана выпуска товарной и валовой продукции на текущий год и квартал, плана затрат на сырье, энергоресурсы, основные и вспомогательные материалы, плановой калькуляции себестоимости

продукции, плановой себестоимости товарного выпуска продукции, плановой прибыли и плановой рентабельности.

Подсистема оперативного управления основным производством (ОУОП) обеспечивает ритмичное выполнение квартальных, месячных, декадных, суточных и сменных планов производства и решает задачи производственного отдела.

Подсистема материально-технического снабжения (МТС) решает задачи отдела МТС и осуществляет своевременное и комплексное обеспечение предприятия сырьем, топливом, основными и вспомогательными материалами в соответствии с разработанной производственной программой. При этом выявляются и реализуются излишние и ненужные материальные ресурсы.

Подсистема управления вспомогательным производством предназначена для управления ремонтным и энергетическим обеспечением основного производства, а также транспортным хозяйством предприятия.

По управлению ремонтным обеспечением подсистема решает следующие задачи:

- расчет графика планово-предупредительного ремонта оборудования;
- учет наработки насосов и компрессоров;
- составление графика государственных и ведомственных проверок контрольно-измерительных приборов (КИП).

Кроме того, для оперативного управления поверками ежемесячно решается задача «Учет и анализ выполнения графиков проверок КИП». Значимость и актуальность решения этой задачи для службы КИП огромны, поскольку число приборов на предприятиях составляет несколько десятков (а иногда и сотен) тысяч.

Подсистема управления качеством продукции (УКП) служит для обеспечения и поддержания необходимого уровня качества товарной продукции. Результаты решения задач этой подсистемы используют многие отделы АУП, но прежде всего отдел УКП.

Подсистема бухгалтерского учета предназначена для усиления контрольных функций бухгалтерского учета, повышения оперативности учета и снижения затрат на обра-

ботку учетной информации. При этом осуществляется учет и анализ:

- затрат на основное и вспомогательное производство;
- отклонений от действующих расходных нормативов по калькуляционным статьям затрат;
- отклонений от норм расхода сырья, реактивов, материалов;
- отклонений от норм расхода по заработной плате и отчислений на специальное страхование, расходов на обслуживание и управление производством.

Подсистема управления кадрами служит для рационального набора и распределения рабочих и ИТР на предприятии, организации мероприятий, направленных на повышение квалификации рабочих и служащих предприятия.

Подсистема управления сбытом продукции способствует своевременному и полному обеспечению потребителей товарной продукцией в соответствии с договорными обязательствами и планом реализации предприятия.

Подсистема управления финансовым обеспечением предназначена для рационального распределения денежных средств, необходимых для достижения цели деятельности предприятия.

Основные задачи:

- планирование и распределение фонда заработной платы;
- планирование амортизационных отчислений;
- расчеты стоимости энергоресурсов;
- калькулирование энергоресурсов;
- формирование смет затрат по производствам;
- расчет смет затрат на внутризаводские перекачки;
- расчет смет текущего и капитального ремонтов технологических установок.

Контрольные вопросы

1. Как осуществляется автоматизация управления химическим предприятием?
2. В какие подсистемы (по функциональной направленности) объединены автоматизируемые задачи управления предприятием?
3. Какие три уровня включает автоматизированное управление промышленным предприятием?

ГЛАВА 3

ПРИНЦИПЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ РАЗЛИЧНЫМИ УРОВНЯМИ УПРАВЛЕНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НГХК

3.1. Интегрированные автоматизированные системы управления

Сложность промышленного предприятия как объекта управления приводит к тому, что процесс управления им может быть реализован лишь с помощью нескольких систем разного уровня:

- АСУ предприятием;
- АСУ производствами;
- АСУ технологическими процессами.

В случае управления научно-производственными объединениями к перечисленным АСУ добавляются еще автоматизированные системы научных исследований (АСНИ) и системы автоматизированного проектирования (САПР), предназначенные для автоматизации разработки, конструирования и проектирования новой техники и технологии.

Каждая из указанных систем еще недавно разрабатывалась изолированно, несогласованно, разными организациями. При этом перед каждой ставились локальные цели, не связанные друг с другом, хотя конечная задача создания этих систем одна – обеспечить заданный выпуск качественной продукции. Такое положение отрицательно сказывалось на эффективности процесса и приводило к:

- несогласованности целей управления отдельных систем, информационных потоков и массивов;
- дублированию информации АСУ различных уровней;
- неполному охвату автоматизацией задач управления;
- повторению расчетов;
- разнотипности применяемого программного обеспечения и сложности комплексирования данных в единую систему;

– снижению эффективности автоматизации управления предприятием.

Выходом из создавшегося положения является создание в рамках крупных промышленных предприятий, производственных и научно-производственных комплексных многоуровневых интегрированных АСУ (ИАСУ), в которых АСУ разных уровней органически сочетаются друг с другом и представляют собой единую систему.

На рис. 2 приведена структура ИАСУ крупного промышленного предприятия.

Первый уровень обеспечивает:

- автоматизацию задач управления предприятием;
- прием директивных указаний от вышестоящей организации (ОАСУ или непосредственно от руководства министерства);
- выдачу заданий АСНИ и САПР по совершенствованию старой техники и технологии и созданию новых видов целевой продукции и технологических процессов;

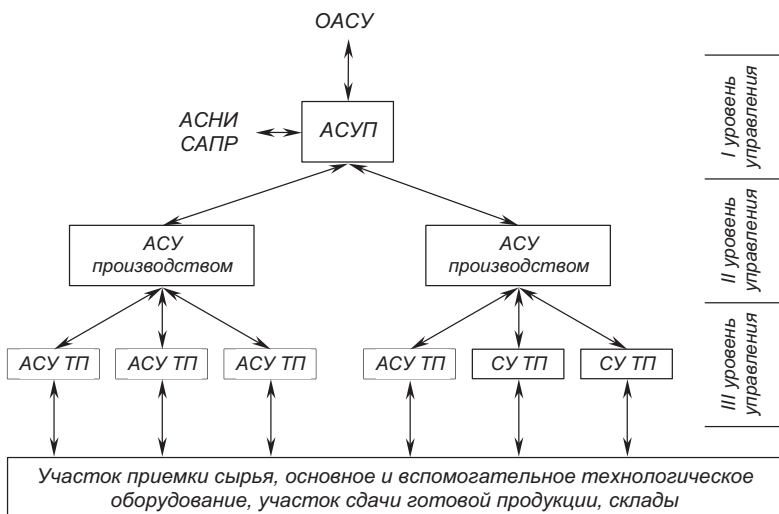


Рис. 2

Структурная схема интегрированной системы управления крупного промышленного предприятия

– оперативную корректировку работы основных и вспомогательных производств предприятия.

Второй уровень в соответствии с заданными сверху экономическими и технологическими критериями обеспечивает автоматизацию управления отдельными производствами, складами, участками приемки сырья и материалов, сдачи готовой продукции, а также корректировку работы отдельных АСУ ТП и традиционных систем управления технологическими процессами (СУ ТП).

Третий (нижний) уровень обеспечивает автоматизацию управления отдельными технологическими процессами. При этом предполагается постоянная корректировка его работы от АСУ производствами.

Сущность интеграции состоит в следующем:

- согласовании целей и критериев работы отдельных частей системы;
- создании комплексов задач, обеспечивающих достижение согласованных целей;
- рациональных обобщениях и дифференциации информации для передачи ее от одного уровня к другому;
- обеспечении передачи информации между отдельными частями системы в том объеме, в те моменты и в таком темпе, которые обеспечат достижение согласованных целей.

Таким образом, создание интегрированных АСУ – перспективное направление развития систем управления химическими предприятиями.

3.2. Основные направления интеграции

Интеграция осуществляется по следующим основным направлениям.

Функциональная интеграция является основным направлением, во многом определяющим все остальные виды интеграции. Она обеспечивает единство целей различных АСУ, а также согласованность критериев, действующих в системе, и базируется на системном подходе к управлению предприятием. При этом вносится предложение, что при всей сложности предприятия как объекта управления все его отдельные компоненты могут и должны рассматриваться как единое целое.

Математическая интеграция порождена функциональной интеграцией и заключается в создании комплекса взаимосвязанных математических моделей, алгоритмов и методов решения функциональных задач АСУ различных уровней.

Программная интеграция определяется математической и обеспечивает совместное функционирование комплекса взаимосвязанных программ, информационных баз данных, а также прикладных программ, входящих в систему.

Информационная интеграция заключается в едином комплексном подходе к созданию, хранению, обновлению и накоплению технико-экономической информации, необходимой для функционирования ИАСУ. Информация в ИАСУ организуется не по отдельным задачам управления, а по всей системе в целом в виде взаимосвязанного распределенного в пространстве комплекса информационных массивов. Это приводит к созданию распределенных баз данных. Особое место при информационном обеспечении ИАСУ принадлежит массивам обмена, реализующим информационные связи между отдельными функциональными задачами как на одном, так и на разных уровнях управления.

Организационная интеграция обозначает разработку и реализацию на предприятии комплекса различных мероприятий (организационных, технических, административных, хозяйственных, правовых, социальных), обеспечивающих внедрение ИАСУ. Этот вид обеспечения имеет большое значение, так как внедрение ИАСУ приводит к значительным изменениям прав и обязанностей, функций, стиля работы, производственных отношений фактически всех работающих на предприятии как в функциональных службах, так и в производственных подразделениях.

И организационная интеграция, и все остальные виды интеграции должны обеспечить управление в реальном (наиболее прогрессивном) масштабе времени с использованием диалогового режима.

Техническая интеграция заключается в рациональном объединении разнообразных технических средств АСУ различных уровней в единый, совместно функционирующий комплекс технических средств.

Техническая интеграция является одной из наиболее важных проблем создания ИАСУ, так как созданная единая структура обеспечивает реализацию всех других видов интеграции.

Фактически при создании ИАСУ встает вопрос о создании единой информационно-вычислительной сети всего предприятия.

Контрольные вопросы

1. В чем состоит сущность интеграции на крупном промышленном предприятии?
2. Представьте структуру интегрированной автоматизированной системы управления (ИАСУ) промышленным предприятием.
3. Перечислите основные направления интеграции АСУ на промышленных предприятиях.

ГЛАВА 4

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

4.1. Назначение систем автоматизированного управления технологическими процессами

Система автоматизированного управления технологическими процессами (АСУ ТП) – это человеко-машинная система управления, предназначенная для выработки и реализации управляющих воздействий на технологический объект управления (ТОУ) в соответствии с принятым критерием управления (КУ) при помощи современных средств сбора и переработки информации, в первую очередь средств вычислительной техники.

В некоторых литературных источниках используется понятие АСУ ХП – *автоматизированные системы управления химическими производствами*. Они относятся к классу систем управления АСУ ТП, т. е. АСУ ХП – частный случай АСУ ТП.

Совокупность совместно функционирующих АСУ ТП и ТОУ называется *автоматизированным технологическим комплексом (АТК)*. Схема его дана на рис. 3.

Многочисленные датчики технологических параметров – температуры, давления, расхода, качества и т. д., а также датчики состояния оборудования («включено», «выключено») служат для получения информации о текущем состоянии объекта в реальном масштабе времени.

Выходные сигналы датчиков преобразуются в унифицированные стандартные сигналы и поступают на средства отображения информации, а также через устройства связи с объектом (УСО) – на управляющий вычислительный комплекс (УВК). Ряд датчиков (анализаторы показателей качества, счетчики) имеют стандартный выход и могут работать без преобразователей.

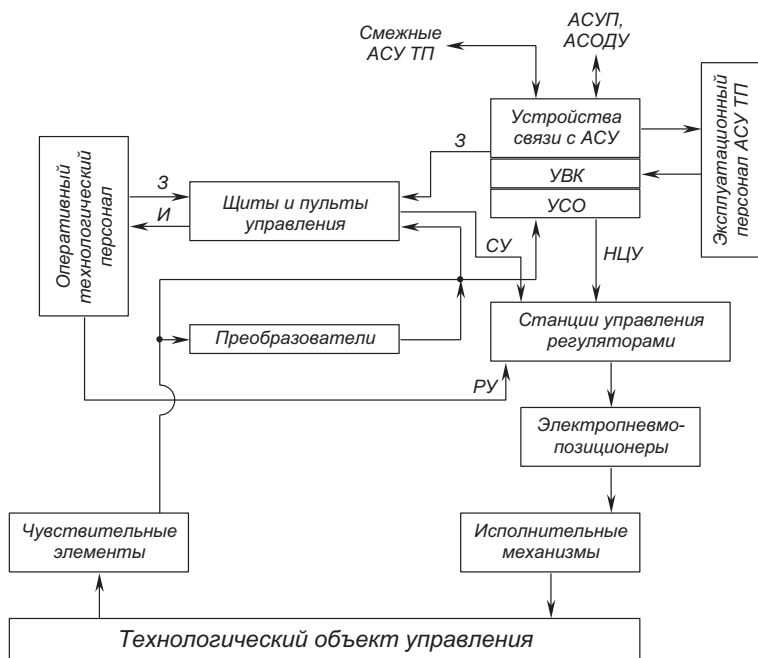


Рис. 3

Схема автоматизированного технологического комплекса:

З – задания; *И* – информация; *РУ* – ручное управление; *СУ* – супервизорное управление; *НЦУ* – непосредственное цифровое управление.

Следует отметить, что с появлением современных программно-технических средств автоматизации, рабочих станций операторов (диспетчеров), функционирующих на базе программного обеспечения SCADA, щиты управления и настенные мнемосхемы¹ не исчезли полностью. Там, где это

¹ *Мнемосхема (мнемоническая схема)* – наглядное, графическо-схематическое, условное представление системы или процессов системы в символично-графической форме, наглядно отображающее исследуемую систему. Мнемосхемы SCADA – окна с представлением информации в графическом виде (состояние исполнительных механизмов и аппаратов, значения параметров системы, аварии и т. д.) – являются основным средством взаимодействия с оператором.

продиктовано целесообразностью, щиты и пульта управления остаются, но становятся более компактными.

Настенные мнемосхемы (мнемонические щиты) представляют собой табло с пассивной схемой контролируемого объекта и активными элементами, отображающими текущее состояние объекта. Мнемонический щит используется для наглядного отображения состояния крупных систем, содержащих до нескольких тысяч объектов контроля. Например, эти щиты широко используются для оборудования диспетчерских пунктов нефтеперекачивающих и компрессорных станций, резервуарных парков и т. п.

На щитах и пультах управления операторской размещены многочисленные средства отображения информации:

- мнемосхема со световой аварийной и технологической сигнализацией;

- звуковые сигнализаторы;

- индикаторы;

- печатающие устройства;

- дисплеи (мониторы);

- регистрирующие и показывающие вторичные приборы.

Кроме того, в операторской находятся средства регулирования, программно-логического управления, защиты и блокировки. Они могут быть выполнены в традиционном исполнении или же в виде микропроцессорных контроллеров, на которые возлагаются определенные функции управления процессом. На щитах и пультах помещены и органы управления (станции управления регуляторами, выключатели, переключатели), с помощью которых человек может непосредственно вмешаться в процесс.

Управление технологическим процессом с помощью АСУ ТП осуществляется следующим образом.

Устройства регулирования и управления автоматически поддерживают нормальный технологический режим процесса. Оперативный технологический персонал ТОО (операторы, начальник установки, начальник смены) получает текущие оперативные данные от чувствительных элементов с помощью приборов, индикаторов и сигнализаторов, а также развернутую обработанную информацию от информационной подсистемы АСУ ТП через пульта с дисплеями и автоматиче-

ские печатающие устройства. На основании получаемой информации технологический персонал анализирует ход процесса.

На первом этапе внедрения автоматизированных систем представление информации о процессе с помощью традиционных средств отображения данных используется достаточно широко, т. е. система управления остается щитовой. Однако по мере повышения надежности УВК, совершенствования математического и программного обеспечения АСУ ТП все больше информации поступает через периферийные средства УВК, число приборов и сигнализаторов уменьшается, а система превращается в бесщитовую.

Оперативный технологический персонал при управлении технологическим объектом использует управляющую подсистему АСУ ТП, которая, исходя из заданного критерия управления выясняет, достигается ли цель управления.

Если цель не достигается, то управляющая подсистема определяет, как необходимо изменить технологический режим, т. е. каковы должны быть управляющие воздействия. В зависимости от режимов работы АСУ ТП рассчитанные значения могут реализовываться в виде рекомендаций оператору, путем изменения установок регуляторам, непосредственно через исполнительные механизмы.

Эксплуатация вычислительной техники и комплекса преобразователей осуществляется эксплуатационным персоналом АСУ ТП (сектор, группа, службы АСУ ТП).

Связь данной АСУ ТП с другими АСУ (с АСУ ТП следующего и предыдущего по ходу обрабатываемого сырья технологических процессов, с АСОДУ – автоматизированной системой оперативно-диспетчерского управления, с АСУ предприятия) осуществляется с помощью специальных устройств связи.

4.2. Основные функции АСУ ТП

АСУ ТП реализует следующие функциональные задачи:

- централизованный технологический контроль;
- оперативный расчет технико-экономических показателей работы производства;

- многомерное цифровое управление производственными процессами;
- локальную оптимизацию технологических участков;
- глобальную оптимизацию и координацию в масштабе производства в целом;
- диагностику аномальных ситуаций в производстве;
- диагностику неисправностей УВС и других средств автоматического управления, входящих в состав системы.

Вследствие нестационарности процессов, составляющих технологическую схему, их характеристики изменяются во времени. Поэтому традиционные системы управления с фиксированными контурами и постоянными настройками регуляторов обычно не обеспечивают высокого качества управления. Эффективные методы управления строятся на использовании подстраиваемой, переменной, нефиксированной структуры системы управления. Подобные системы управления называются адаптивными, их типичным примером являются самонастраивающиеся системы. Наибольшее распространение среди последних получили системы экстремального регулирования, автоматически отыскивающие оптимальные значения регулирующих воздействий для заданного показателя качества работы системы. Самоорганизующиеся системы, также адаптивные, изменяют структуру контуров управления в зависимости от режима работы объекта управления. В алгоритмах самоорганизации таких систем могут использоваться математические модели объектов управления, параметры которых подстраиваются при изменении характеристик объекта. Современные АСУ ТП реализуются как системы прямого цифрового управления, в которых центральная УВС, обрабатывая данные о ходе процесса, определяет оптимальные условия его ведения, рассчитывает оптимальные законы управления по различным каналам и вырабатывает сигналы для соответствующего изменения настроек локальных регуляторов процесса.

Цель, поставленная перед АТК, достигается при выполнении системой управления, прежде всего вычислительной техникой, ряда функций, по назначению объединенных в подсистемы.

Информационная подсистема. Она предназначена для представления технологическому персоналу оперативной, достоверной, разносторонней, подробной, обработанной соответствующим образом информации о настоящем, будущем и прошлом ТОО. Она выполняет перечисленные ниже функции.

- Сбор и первичная обработка информации. Эта функция состоит из ряда операций. Первой является опрос чувствительных элементов с заданной частотой. Частота опроса определяется особенностями ТОО (его инерционностью, взрыво- и пожароопасностью) и ресурсами ВС. При этом параметру присваивается измеренное значение до следующего обращения к датчику.

- Расчет показателей качества продуктов (часть из них измеряется автоматическими анализаторами, однако существуют запаздывания, вызванные инерционностью систем пробоотбора, и конструктивной сложности, что снижает надежность). С помощью ВС можно по имеющимся данным (p , T , V и уровень) рассчитать показатели качества.

- Расчет технико-экономических показателей (ТЭП).

- Контроль за состоянием ТОО.

Управляющая подсистема выполняет следующие функции:

- регулирование отдельных технологических параметров;
- программно-логическое управление;
- оптимальное управление.

Также имеется *вспомогательная подсистема*.

4.3. Общая характеристика АСУ ТП

Существует точка зрения, согласно которой основная проблематика автоматизированного управления промышленным предприятием связана с АСУ агрегатами, процессами, т. е. с третьим уровнем управления.

Основными элементами любой АСУ ТП являются:

- комплекс технических средств (КТС);
- общесистемная документация;
- оперативный персонал.

Комплекс технических средств, или техническое обеспечение АСУ ТП, состоит из управляющего вычислительного комплекса (УВК), устройства связи с оперативным персона-

лом, устройства связи с объектом, каналов передачи информации, преобразователей и устройств ручного ввода информации. Функционально к КТС АСУ ТП относятся также датчики сигналов физических величин, исполнительные механизмы, регуляторы и другие устройства локальной автоматики.

Общесистемная документация. Общесистемная документация на АСУ ТП имеет три составляющие (обеспечения):

- математическое;
- программное;
- организационное.

Математическим обеспечением (МО) называют совокупность методов, моделей и алгоритмов [алгоритмического обеспечения (АО)], предназначенных для реализации функций АСУ ТП.

Основные алгоритмы АСУ ТП делятся на группу контроля и группу управления.

Алгоритмы контроля обеспечивают:

- первичную обработку исходной информации;
- контроль достоверности;
- расчет и учет показателей.

Алгоритмы управления обеспечивают такие функции, как, например:

- анализ ситуаций;
- адаптация;
- оптимизация.

Такое деление является весьма условным.

Программным обеспечением (ПО) АСУ ТП можно назвать совокупность программ, обеспечивающую реализацию функций системы, заданное функционирование комплекса технических средств и предполагаемое развитие АСУ.

К *организационному обеспечению* АСУ ТП относятся описания функциональной, информационной и организационной структур АСУ (названные термины поясняются ниже), комплекс инструкций для эксплуатационного персонала, регламент функционирования системы управления.

Оперативный персонал. Оперативный персонал АСУ ТП – это технологи-операторы, диспетчеры, управляющие объектом, и эксплуатационный персонал – инженеры и работники,

обслуживающие приборы, обеспечивающие правильность функционирования КТС.

Анализ возникающих ситуаций при взаимодействии системы человек–машина в условиях современного предприятия с целью оптимизации орудий, условий и процесса труда относится к сфере так называемого эргономического обеспечения.

4.4. Структура АСУ ТП

Основные функции АСУ производством определяются целями (функциональным назначением) систем, которые сводятся к следующему:

- обеспечение стабильности производства;
- выполнение технологических регламентов;
- обеспечение планируемых показателей;
- оптимизация производства.

Достижение перечисленных целей осуществляется с участием диспетчера – оперативного руководителя производства – в результате его активного взаимодействия с техническими и программными средствами АСУ. При этом реализуются три функциональные подсистемы:

- контроль (обработка информации и подготовка решений);
- анализ (анализ и принятие решений);
- управление (реализация решений).

В рассматриваемой функциональной структуре существенную роль играет человек (диспетчер) как звено системы управления, который выполняет функции общего наблюдения и принятия решений.

Пример упрощенной информационной структуры АСУ ТП приведен на рис. 4.

На этом рисунке стрелки обозначают направления и характер информационных потоков. Потоки 10–12 – это исходная информация, поступающая от объекта. Информация, участвующая в расчетах (поток 2), направляется в вычислительный комплекс. С целью повышения живучести системы часть исходной информации, минуя вычислительный комплекс, сразу направляется к оператору (8, 5). Результаты вычислений также используются оператором (3, 4) или выда-

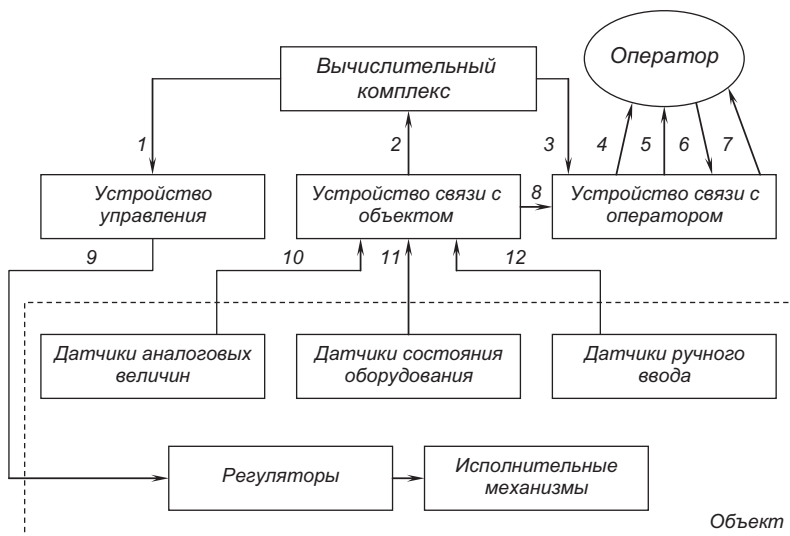


Рис. 4
Информационная структура АСУ ТП:
1–12 – информационные потоки.

ются на соответствующие регуляторы (1, 9). Оператор имеет также возможность запрашивать необходимые ему сведения «по требованию» (6, 7).

Технической структурой принято называть схему взаимосвязей между конструктивно и функционально самостоятельными устройствами, приборами, модулями (щиты сигнализации, устройства связи, компьютеры, печатающие устройства, устройства сигнализации отклонений и т. д.).

4.5. Основные режимы функционирования АСУ ТП

Автоматизированное управление технологическими процессами, целенаправленное воздействие на процессы для достижения заданной цели функционирования как самих процессов, так и построенных на их основе химико-технологических систем с использованием информации об их текущем и предшествующем состояниях, формируется и осуществляется

либо без участия человека-оператора, либо при его участии в качестве звена в общей цепи управления для оценки альтернативных вариантов решений, вырабатываемых системой управления.

В зависимости от степени участия человека в выполнении функции АСУ ТП различают два режима работы – автоматизированный и автоматический.

Автоматизированный режим. В этом режиме оперативный технологический персонал принимает активное участие в управлении. Возможны следующие варианты реализации этого режима (см. рис. 3).

При *ручном управлении (РУ)* технологический персонал по информации, получаемой по различным каналам о состоянии ТОО, принимает решения об изменении технологического режима и воздействует на процесс дистанционно из операторской с помощью ручных задатчиков или органов управления или же непосредственно, закрывая или открывая запорную арматуру.

В *режиме «советчика»* ВС рекомендует технологическому персоналу оптимальные значения наиболее важных режимных параметров (температуры в реакторе, расхода флегмы в ректификационную колонну и т. п.), обеспечивающих достижение цели управления. Технологический персонал на основании своего опыта и знаний анализирует полученные рекомендации, а также информацию о процессе и принимает решение о целесообразности изменения режима. В случае принятия «совета» он вмешивается в работу ТОО, либо изменяя задания регулятору, либо непосредственно – как при ручном управлении. Недостатком этого режима является то, что оператору зачастую трудно проверить правильность выработанной ВС рекомендации.

При *диалоговом режиме* технологический персонал имеет возможность получать по запросу через монитор дополнительную информацию о настоящем, прошлом и будущем процесса (например, о наличии сырья, о прогнозируемых показателях качества, и лишь после этого принимать решение о целесообразности изменения технологического режима.

Автоматический режим. Этот режим работы АСУ ТП предусматривает выработку и реализацию управляющих воздействий без участия человека. Реализуются следующие варианты данного режима:

– *супервизорное (косвенное) управление (СУ)*, когда ВС автоматически изменяет установки и (или) коэффициенты настройки локальных регуляторов. При этом на программном уровне решаются вопросы защиты ТООУ от опасных и неприемлемых изменений технологических параметров;

– *непосредственное (прямое) цифровое управление (НЦУ)*, при котором ВС реализует результаты расчетов по поиску оптимальных режимов путем воздействия на исполнительные механизмы. Естественно, требования к надежности управляющей подсистемы в этом режиме резко возрастают. Она должна учитывать все возможные варианты работы ТООУ и не допустить выход его в неустойчивую зону, в которой возможны аварийные ситуации.

Из всех перечисленных режимов наиболее распространен режим «советчика». При его реализации уменьшается возможность неправильных решений, основанных на неполной информации или принятых в непредвиденных алгоритмами обстоятельствах.

Режим СУ предусматривается на проектируемых и создаваемых АТК. Наиболее перспективен режим НЦУ – режим будущего. Он позволяет резко повысить эффективность ТООУ и исключить из КТС регистрирующие приборы и регуляторы, а значит, и громоздкие щиты управления. Однако успешное его внедрение возможно лишь при надежной вычислительной технике, использовании сложных оптимизационных методов поиска наилучших вариантов поведения ТООУ, адекватных математических моделях технологических процессов, автоматизации всех смежных технологических процессов на уровне АСУ ТП, реализации систем регулирования с самонастройкой.

Контрольные вопросы

1. Для чего предназначены автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП)?
2. Перечислите основные функции АСУ ТП.
3. Изложите основные принципы управления технологическими процессами с помощью АСУ ТП.
4. Назовите основные признаки и дайте сравнительную характеристику систем управления, функционирующих в автоматизированном и автоматическом режимах.

ГЛАВА 5

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ

Технологический объект управления (ТОУ) – это совокупность технологического оборудования и реализованного на нем по соответствующим регламентам (режимам) технологического процесса.

К ТОУ относятся как отдельные технологические агрегаты и установки, реализующие локальный технологический процесс (например, полимеризационная батарея в производстве синтетического каучука, реактор пиролиза в производстве ацетиленов, трубчатые печи на нефтехимических заводах и резиносмесители на шинных), так и целые производства (цехи, участки) промышленного предприятия (если управление производством носит технологический характер, т. е. заключается в поиске и реализации рациональных технологических режимов взаимосвязанных установок). К таким ТОУ можно отнести, в частности, производства этилена, серной кислоты, технического углерода). Существуют и супер-ТОУ, например установки ЛК-6У на нефтеперерабатывающих заводах, включающие сотни технологических аппаратов.

5.1. Технологический режим и возмущающие воздействия

Основными направлениями развития современной химической технологии являются существенное увеличение единичной мощности технологических установок с комбинированием и совмещением нескольких процессов в одном технологическом блоке и проведение процессов в режимах, близких к критическим.

Многие современные установки в производстве серной кислоты, аммофоса, полимеров, синтетических волокон, аммиака, этилена, большая часть установок первичной и вторичной перегонки нефти по мощности соответствуют целому заводу 1960–1970 гг. Выход из строя такой установки даже на короткий период при нарушении в ней технологического режима приводит к огромным экономическим потерям.

Следует отметить, что требования к жесткому соблюдению технологического режима объясняются не только масштабностью и сложностью установок, но и необходимостью получения высококачественной продукции.

Таким образом, в современных установках, с одной стороны, должен строго выдерживаться технологический режим. С другой стороны, чем крупнее и сложнее установки, тем сильнее они подвержены различного рода возмущениям, приводящим к нарушению режима. Следует отметить и сложности, возникающие при пуске и останове установки, при переводе ее в другие режимы – как запланированном (при переходе на выпуск другой целевой продукции), так и связанном с возникновением критических и аварийных ситуаций.

Все сказанное привело к резкому усложнению задач управления технологическими объектами.

Под *управлением* будем понимать совокупность действий, выбранных на основании определенной информации и направленных на поддержание или улучшение функционирования объекта в соответствии с имеющейся программой или целью управления.

ТОУ (будь то локальная технологическая установка или целый производственный комплекс) должен удовлетворять следующим требованиям.

Оборудование ТОУ должно быть полностью механизировано и безотказно работать в установленный межремонтный период. Очень важно, чтобы оно было по возможности непрерывно действующим.

Технологическая схема ТОУ должна быть составлена таким образом, чтобы:

- он был управляем, т. е. разбит на определенные зоны с возможностью воздействия на технологический режим в каждой из них изменением материальных и энергетических потоков;
- была возможность воздействия на характеристики оборудования;
- был обеспечен доступ человека к местам установки датчиков, запорных и регулирующих органов;

– число возмущающих воздействий, поступающих в основные аппараты схемы, технологический режим в которых обуславливает количество и качество выпускаемых целевых продуктов, было сведено к минимуму.

Последнее обеспечивается установкой между основными аппаратами дополнительных – ресиверов, емкостей с мешалками, теплообменников – уменьшающих амплитуду и частоту изменения таких параметров, как давление, состав, температура.

Только при выполнении этих условий системы управления могут повысить эффективность ТООУ:

- увеличить его производительность;
- улучшить качественные показатели целевой продукции;
- уменьшить себестоимость целевой продукции за счет сокращения расхода сырья и энергии на единицу продукции.

Технологические процессы химической технологии характеризуются большим числом разнообразных параметров. Часть из них – *входные параметры* – дают представление о материальных и энергетических потоках на входе в технологический аппарат (расход сырья, давление греющего пара и т. д.). Их изменения приводят к изменениям *режимных параметров*, характеризующих условия протекания процесса внутри аппарата (температура, уровень жидкости, составы продуктов).

Значения режимных параметров непосредственно влияют на *выходные параметры*, характеризующие выходные потоки. К выходным параметрам можно отнести и сводные экономические показатели процесса, например себестоимость или затраты на производство конечной продукции. Естественно, что требование к поддержанию режимных и особенно выходных параметров в заданном диапазоне является обязательным условием проведения технологического процесса.

Единовременную совокупность значений всех параметров называют *технологическим режимом*, а совокупность значений параметров, обеспечивающую решение задачи, поставленной при управлении процессом, – *нормальным технологическим режимом*. Нормальный технологический режим задают и оформляют в виде технологической карты. В ней приводят перечень параметров, значения которых необходимо поддерживать на определенном уровне, а также указывают допустимые диапазоны их изменения.

Сложность управления современными ТОУ заключается в том, что они постоянно подвергаются возмущающим воздействиям (возмущениям), нарушающим технологический режим. Возмущения условно можно разбить на два вида.

Внешние возмущения проникают в ТОУ извне при изменении всех входных и некоторых выходных параметров, а также параметров окружающей среды. Так, изменение давления греющего пара существенно нарушит теплообмен в нагревателе, а значит и температуру продукта на его выходе; изменение расхода кубового остатка повлияет на уровень в ректификационной колонне и т. д.

Внутренние возмущения возникают в самом объекте управления при изменении характеристик технологического оборудования. К ним можно отнести, например, изменение активности катализатора, отключения отдельных аппаратов, загрязнение и коррозию внутренних поверхностей аппаратов, перераспределение насадки в колоннах насадочного типа и т. д.

Управление технологическим объектом заключается во внесении таких управляющих воздействий, которые компенсируют возмущения и тем самым обеспечивают достижение цели функционирования ТОУ в сложных производственных условиях.

5.2. Классификация технологических объектов управления

Предприятия химической технологии включают множество разнообразных аппаратов, установок, участков, цехов и производств. С точки зрения автоматизации и управления важно разделить их по типу и характеру технологического процесса, проводимого в аппаратах, по сложности ТОУ, а также по характеру параметров, участвующих в управлении.

Классификация по типу технологического процесса. В ТОУ химической промышленности протекают различного рода процессы, которые классифицируют согласно табл. 3.

Технологические процессы одного типа могут отличаться аппаратным оформлением и свойствами перерабатываемых веществ, однако все они протекают по одним и тем же законам и характеризуются аналогичными зависимостями между

параметрами. Это дает возможность разработать типовое решение по их автоматизации, которое с незначительными изменениями, вызванными особенностями ТОУ, может быть применено для всех процессов данного типа.

Таблица 3

Классификация процессов химической промышленности

Тип процесса	Класс процесса
Гидромеханические	Перемещение жидкостей и газов, разделение неоднородных систем, перемешивание, очистка газов
Тепловые	Нагревание, охлаждение, выпаривание
Массообменные	Ректификация, абсорбция, адсорбция, сушка, экстракция, кристаллизация
Механические	Измельчение, дозирование, классификация, перемещение твердых материалов
Химические	Окисление, восстановление, синтез, нейтрализация, дегидратация, электролиз, нитрование, сульфирование, алкилирование, полимеризация, омыление, гидрогенизация, ароматизация, изомеризация, крекинг и др.

Во многих ТОУ проводятся процессы, подчиняющиеся нескольким законам. Например, технологический процесс в ректификационной колонне подчиняется законам гидродинамики (так как происходит перемещение потоков), тепло- и массопередачи (между потоками жидкости и пара постоянно осуществляется тепло- и массообмен). Естественно, что управлять таким процессом значительно сложнее.

Классификация по характеру технологического процесса.

Характер технологического процесса определяется по временным режимам работы технологического оборудования. Большая часть объектов управления химической технологии (нефтеперерабатывающие установки, производства синтетического каучука и кислот и многие другие) относится к ТОУ с непрерывным характером производства. Сырье и реагенты в такие ТОУ поступают практически безостановочно, а технологический режим после пуска ТОУ устанавливается неизменным на длительные сроки (неделя, месяц, квартал, год).

В ТОУ с периодическим (дискретным) характером производства, которые преобладают на шинных, резино- и асбесто-технических заводах, длительность технологических операций незначительна (минуты, часы). В одном и том же аппарате часто проводят разные технологические процессы с изменением во времени заданных значений параметров. Автоматизация периодических процессов существенно осложнена необходимостью перестройки работы аппаратов, заключающейся в изменении технологических режимов, а также маршрутов материальных и энергетических потоков.

Часть производств, например некоторые производства синтетических волокон, удобрений, включают как непрерывные, так и дискретные технологические процессы.

Классификация по информационной емкости. Степень сложности ТОУ характеризуется информационной емкостью объекта, т. е. числом технологических параметров, участвующих в управлении (табл. 4).

Таблица 4

Классификация ТОУ по информационной емкости

Информационная емкость объекта	Число технологических параметров, участвующих в управлении	Пример ТОУ
Минимальная	10–40	Насосная, резиномеситель
Малая	41–160	Массообменная колонна
Средняя	161–650	Установка первичной переработки нефти
Повышенная	651–2 500	Производство этилена
Высокая	2 500 и выше	Установка ЛК-6У, производство технического углерода

Большая часть ТОУ химической технологии относится к объектам с числом параметров до 1 000.

Классификация по характеру параметров управления. По этому признаку ТОУ делятся на объекты с сосредоточенными и распределенными параметрами. К первым относятся ТОУ, регулируемые параметры которых (уровень жидкости, давление, температура) имеют одно числовое значение в разных точках в данный момент времени. Это простейшие объекты – емкость, испаритель, насос, компрессор.

Большая часть объектов химической технологии относится к объектам с распределенными параметрами, значения которых неодинаковы в различных точках объекта в данный момент времени. Так, в ректификационной колонне температура различна по высоте колонны; в реакторе состав веществ неодинаков по объему.

5.3. Системы управления технологическими объектами

Система управления (СУ) технологическим объектом – это совокупность оперативного технологического персонала и комплекса технических средств автоматизации управления, связанных общей задачей управления.

Системы управления технологическими объектами относятся к сложным системам и могут классифицироваться по различным признакам. Основными из них являются цель и способ управления технологическим объектом, степень участия человека в управлении, место расположения технических средств сбора и обработки информации и степень централизации управления.

Классификация по цели управления. Цель управления при ведении технологических процессов – высокоэффективная работа ТООУ. Эффективность работы оценивается значением *критерия управления (КУ)* – показателем, характеризующим функционирование ТООУ в целом и принимающим числовые значения в зависимости от возмущающих и управляющих воздействий.

В качестве КУ принимают выходные параметры процесса, характеризующие целевой продукт – его расход (характеризует производительность объекта) или одну из его важнейших характеристик, в том числе качественных. Эффективность массообменных и химических процессов, связанных с химическим превращением вещества, характеризуется выходом целевого продукта.

Критерием управления может выступать и себестоимость (С) целевой продукции:

$$C = \frac{\left(3 - \sum_{i=1}^m \Pi_{\Pi i} \Pi_{\Pi i} \right)}{\Pi_{\Pi}},$$

где Z – затраты на выпуск продукции;

Π_{pi} – производительность установки по побочным продуктам;

Π_{pi} – цена побочных продуктов;

Π_c – производительность установки по целевому продукту.

Для мощных установок, выпускающих несколько продуктов, критерием управления может быть прибыль K :

$$K = \sum_{i=1}^n \Pi_i \Pi_i - Z.$$

Чем сложнее и крупнее ТОО, тем более экономический характер принимает КУ. Для небольшого объекта – насосной, теплообменника – в качестве КУ принимают расход продукта или его температуру, для ректификационной колонны – содержание высококипящего компонента в остатке. Для установки первичной переработки нефти, состоящей из многих теплообменников и ректификационных колонн, критерием становится себестоимость продукции. Для таких ТОО, как производства полиэтилена (ЭП-300) или каучука, в качестве КУ выбирают прибыль.

По цели управления СУ делятся на стабилизирующие и оптимизирующие.

Целью управления *стабилизирующей* СУ является поддержание КУ на постоянном, заранее заданном значении. Стабилизирующие системы оправданы для простых вспомогательных процессов, критерии управления которых следует поддерживать на значении, определяемом из соображений эффективного ведения основного процесса. Например, при нагревании исходной смеси, поступающей в ректификационную колонну, КУ является температура смеси на выходе из теплообменника, ее заданное значение будет определяться составом исходной смеси.

При стабилизации КУ основных процессов химической технологии (массообменных, химических) не всегда используются резервы технологической аппаратуры. Для каждой конкретной производственной ситуации существует такое сочетание значений входных и режимных параметров, которое обеспечивает максимально (или минимально) возможное значение КУ. Допустим, стабилизирующая система поддер-

живает выход продукта на постоянном значении, а при новом качестве сырья можно так управлять процессом, чтобы выход увеличился. Поэтому стабилизирующая система оправдана только при автоматизации стационарных объектов, в которые возмущения поступают редко и они незначительны. Для сложных нестационарных ТОУ следует применять оптимизирующие системы.

Оптимизирующие СУ поддерживают КУ не на заранее заданном значении, а на экстремальном для создавшейся производственной ситуации (наличие сырья и полуфабрикатов, их качественные показатели, состояние технологического оборудования, оперативные директивы вышестоящего руководства и т. д.) при соблюдении ограничивающих условий. Последние обусловлены тем, что критерий (который в этих системах может называться критерием оптимальности) характеризует процесс только с одной, правда, наиболее важной стороны. При оценке полной эффективности процесса необходимо иметь в виду и другие параметры целевого продукта. Например, если в качестве КУ при ректификации выбран состав остатка, то ограничивающие условия накладываются на производительность колонны по остатку и по его себестоимости. Производительность должна быть не ниже, а себестоимость не выше заданных значений. В противном случае можно получить сверхчистый продукт, но в небольшом количестве или с очень высокими затратами.

Ограничивающие условия накладываются и на те параметры, изменения которых ограничены технологическим режимом: давление в аппарате не должно быть выше определенного предела, иначе произойдет разрыв стенки аппарата; расход потока лимитируется пропускной способностью трубопроводов и т. д.

Оптимизирующие системы значительно более сложны, чем стабилизирующие. Они базируются на экстремальных регуляторах или на ВС. Экстремальные регуляторы работают по принципу «поиска» и служат для достижения экстремального значения КУ. Выполнение ограничивающих условий обеспечивается или самим экстремальным регулятором, или специальными стабилизирующими регуляторами.

При использовании ВС предварительно составляют систему уравнений зависимости КУ от параметров процесса, взаимозависимости параметров, неравенства ограничивающих условий.

Классификация по способу управления. Способ управления характеризует алгоритмы формирования управляющих воздействий по достижению цели управления. По этому признаку системы делятся на замкнутые, разомкнутые и комбинированные.

В *замкнутых* системах управления воздействия формируются в зависимости от отклонения текущего значения КУ от заданного. Одним управляющим воздействием компенсируются все возмущения. Однако замкнутые системы не препятствуют проникновению в ТОУ возмущающих воздействий, а только реагируют на их последствия – изменения КУ. В связи с этим в случае сложных ТОУ, подверженных многочисленным возмущениям, замкнутые СУ не могут обеспечить высокого качества управления.

Разомкнутые СУ формируют управляющие воздействия в зависимости от возмущений. Устанавливаются, например, регуляторы, стабилизирующие входные параметры процесса, тем самым ликвидируются возмущения по этим каналам. При этом, несмотря на то, что СУ содержит замкнутые контуры регулирования, она остается разомкнутой, так как значения КУ не используются для формирования управляющих воздействий.

Достоинства разомкнутых систем в том, что возмущающие воздействия ликвидируются до поступления в ТОУ. В результате КУ равен заданному значению. Однако ликвидировать все возмущения, как правило, практически невозможно, поэтому использование таких систем чаще всего не дает большого эффекта.

В *комбинированных* системах используют принцип формирования управляющих воздействий и разомкнутых, и замкнутых систем. В основу комбинированной системы положена замкнутая система, а для улучшения качества управления часть возмущений ликвидируется дополнительными регуляторами. Частным случаем таких систем являются многоконтурные САР, в которых формирование управляющих воздей-

ствий осуществляется от нескольких параметров: главной регулируемой величины (КУ) и одной или нескольких вспомогательных, характеризующих возмущения.

Комбинированные системы наиболее распространены в химической промышленности. Их используют для управления химическими, массообменными и теплообменными процессами.

Классификация по степени участия человека в управлении. Степень участия человека в управлении технологическими объектами определяется сложностью и масштабностью ТОУ, целью управления, а также комплексом технических средств СУ.

Так, при автоматизации простого объекта управления (смесителя, отстойника, транспортной системы и т. п.) со стабилизацией какой-либо физико-химической величины управление может осуществляться полностью автоматически, без привлечения технологического персонала. Такую СУ называют *системой автоматического управления (САУ)*.

Крупные ТОУ с реализацией оптимального режима и сложных функций по программно-логическому управлению, защите, пуску и останову оборудования могут управляться лишь человеком на основе современных методов управления с помощью ВС и средств сбора, передачи и хранения информации. Как уже было указано в главе 2, такая человеко-машинная система называется *автоматизированной системой управления технологическим процессом (АСУ ТП)*.

На человека в АСУ ТП возлагается наиболее сложная операция управления – принятие решения по изменению режимов работы ТОУ и СУ на основе данных, предоставленных ему ВС и поступающим по другим каналам.

Вычислительная среда осуществляет следующие операции:

- сбор и передачу информации;
- контроль за ее достоверностью;
- анализ информации по определенным алгоритмам;
- подготовку управленческого решения.

При таком синтезе сочетаются интеллект человека, математический аппарат и возможности вычислительной техники.

Классификация по месту расположения технических средств сбора и обработки информации. Средства автоматизации, с помощью которых представляется и обрабатывается информация о ТОУ, а также осуществляется воздействие на технологический процесс, могут быть сосредоточены как непосредственно у технологического оборудования (местное управление) в виде отдельно установленных пультов и щитов, так и в специально выделенном пункте. Из этих пунктов осуществляется дистанционное управление, т. е. управление на расстоянии. Непосредственно на технологических аппаратах в этих случаях устанавливают немногочисленные простые приборы (манометр, ртутный термометр, регулятор прямого действия).

Классификация по степени централизации управления. Современные ТОУ состоят из многих аппаратов, установок, участков, цехов. Управление отдельными составляющими объекта в зависимости от степени их влияния друг на друга, информационной мощности, сложности и важности может осуществляться из самостоятельных пунктов или из одного центрального пункта. По степени централизации СУ делятся на одно- и многоуровневые (рис. 5). Одноуровневые – это системы, в которых управление ТОУ осуществляется из одного (централизованные системы) или нескольких (децентрализованные системы) пунктов.

Одноуровневые централизованные системы применяют в основном для управления относительно несложными объектами, расположенными на небольшой территории. Для современных ТОУ, включающих большое число территориально рассредоточенных установок, использование одноуровневой централизованной системы приводит к усложнению коммуникаций СУ и громоздкости пульта управления (ПУ). Усложняется и работа технологического персонала, так как значительная часть полученной им информации не нужна для непосредственного ведения технологического процесса, а удаленность ПУ от установок затрудняет принятие оперативных мер по устранению неполадок. Для устранения этих недостатков используют *одноуровневые децентрализованные системы*. Однако децентрализация исключает управление

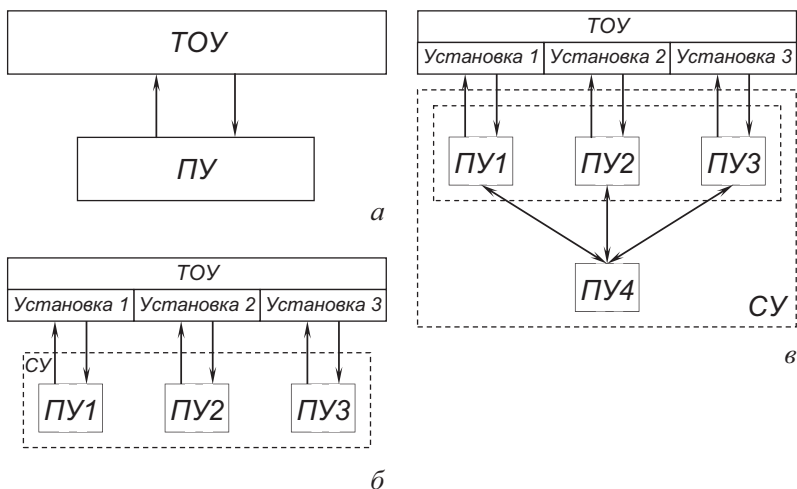


Рис. 5

Структурные схемы систем управления:

а – одноуровневой централизованной; б – одноуровневой децентрализованной; в – многоуровневой.

всеми установками ТОУ как единым технологическим комплексом. Для решения этой проблемы необходим еще один, более высокий, уровень управления. Такие системы называют двухуровневыми.

Комплекс технических средств одноуровневых систем – это набор автоматических устройств, осуществляющих непосредственное воздействие на процесс, исходя из технологических критериев управления. В качестве таких устройств начинают применять микропроцессорные контроллеры, выполняющие заданные функции управления (регулирования, программно-логического управления, представления информации), а также микро- и мини-ВС малой и средней мощности. Место централизации одноуровневой системы (ПУ1, ПУ2, ПУ3) называют *операторской*.

Второй уровень управления носит, как правило, технико-экономический или даже экономический характер. Его невозможно осуществить без мощной вычислительной системы,

которая воздействует на ТОУ через автоматические устройства первого уровня. Пункты управления второго уровня (ПУ4) называют диспетчерскими.

5.4. Оперативный технологический персонал и устройства управления технологическими параметрами и оборудованием

Оперативный технологический персонал (начальник установки, старший оператор, оператор, аппаратчик) с помощью комплекса автоматических устройств, в том числе и средств вычислительной техники, получает информацию о состоянии ТОУ (входных и выходных потоках, режимных параметрах, различного рода возмущениях) и воздействует на них таким образом, чтобы достигалась цель функционирования ТОУ.

Сначала при управлении технологическими объектами персонал использовал только органы чувств. Операция контроля за технологическим режимом, обработка полученной информации и выработка управляющих воздействий на ТОУ основывались исключительно на правильности восприятия, интуиции и опыте человека. Естественно, что при этом человек делал многочисленные ошибки. Поэтому первой автоматизированной функцией управления был контроль.

Автоматические устройства контроля (контрольно-измерительные приборы) обеспечивают быстрые и точные измерения технологических параметров (температуры, давления, расхода, уровня) и, что очень важно, параметров качества продукции. В состав устройств контроля может быть включен регистрирующий прибор, записывающий динамику изменения технологических параметров. Диаграмма регистрирующего прибора служит документом, позволяющим в дальнейшем восстановить ход событий.

При автоматизированном контроле функции человека сводятся к:

- определению отклонения параметра от заданного значения;
- выработке решения по изменению технологического режима;

– реализации этого решения на ТОУ путем изменения положения регулирующих органов на технологических магистралях.

Следующим этапом при автоматизации управления было использование сумматора, позволяющего рассчитывать отклонение параметра от заданного значения. Результат расчета реализовался в устройствах сигнализации, регулирования и защиты.

Устройства сигнализации предназначены для автоматического оповещения персонала об отклонении параметров за допустимые пределы путем подачи световых или звуковых сигналов. Для световой сигнализации используют электрические лампы, для звуковой – звонки, сирены, гудки. Как правило, звуковой сигнал служит лишь для оповещения оператора о факте появления события, а световой точно указывает на его место и характер.

Сигнализация подразделяется на следующие виды:

- предупредительная, предназначенная для оповещения персонала об отклонениях параметров за пределы, определяемые нормальным технологическим режимом;
- аварийная, предназначенная для оповещения персонала о недопустимых значениях параметров или об аварийном отключении одного из аппаратов технологической схемы;
- сигнализация положения объекта управления, предназначенная для оповещения персонала о состоянии механизмов и машин (включены или выключены), а также положении запорных органов (открыты или закрыты) в данный момент времени.

Устройства сигнализации существенно упрощают работу оператора: ему не надо постоянно следить за ходом процесса, он может сосредоточить внимание на более серьезных задачах.

Устройства регулирования (регуляторы) предназначены для поддержания текущего значения параметра равным заданному. Текущее значение регуляторы получают от устройств контроля, а заданное – от оперативного технологического персонала с помощью задатчиков или других автоматических устройств.

В зависимости от того, как формируется заданное значение, различают следующие типы регуляторов:

- *стабилизирующие* (заданное значение постоянно во времени);
- *программные* (заданное значение изменяется во времени по заранее заданной зависимости);
- *следящие* (заданное значение соответствует текущему значению какого-либо другого параметра, т. е. произвольно изменяется во времени);
- *экстремальные* (заданное значение соответствует экстремальному значению параметра для данных производственных условий).

Регуляторы поддерживают параметры на значениях, соответствующих нормальному технологическому режиму. Оператор может корректировать их работу путем изменения задания или коэффициентов настройки. Корректировка осуществляется только в случае невыполнения цели функционирования ТОО, возникновения критических ситуаций или перехода на другой вид продукции (т. е. изменения технологического режима).

Устройства защиты предназначены для предотвращения аварий, пожаров, взрывов, выхода из строя оборудования. При срабатывании аварийной сигнализации они воздействуют на процесс (открывая и закрывая технологические магистрали, включая и отключая электродвигатели механизмов и машин) таким образом, чтобы ликвидировать критическое состояние объекта управления с наименьшими потерями (например, при появлении вибрации ротора центрифуги вследствие нарушения равномерности осадка устройство защиты осуществляет остановку).

Устройства программно-логического управления. Выше были рассмотрены функции управления технологическим объектом при рабочих режимах выпуска целевой продукции. Операции пуска, останова, перевода установки периодического действия с одной рабочей операции на другую в современных установках возлагаются на автоматические устройства программно-логического управления, которые по заранее заданной временной программе включают и выключают различные механизмы, машины и аппараты.

Сигналом к включению такого устройства может служить наступление того или иного события в ТОО: окончание

какой-либо рабочей операции, «выбег» параметра за допустимый диапазон и т. п. Так, по срабатыванию датчика загрузки центрифуги периодического действия устройство программно-логического управления отключает входную магистраль и по жесткой временной программе начинает операции подсушки и промывки суспензии.

Итак, для управления технологическим объектом необходим комплекс технических средств, позволяющий автоматизировать функции контроля, сигнализации, регулирования, защиты и программно-логического управления. Он может быть представлен совокупностью приборов, регуляторов, сигнализаторов, различных блоков и т. д. Такое аппаратурное решение задачи заложено в ныне действующих системах управления. Программная реализация всех перечисленных выше функций и есть создание АСУ технологическими процессами, что обеспечивает гибкость системы, а также создает возможность легкой перенастройки отдельных блоков.

Контрольные вопросы

1. Дайте характеристику технологического объекта управления (ТОУ) современного предприятия нефтегазохимического комплекса.
2. Как классифицируются ТОУ по типу технологического процесса?
3. Каково назначение систем управления (СУ) технологическими объектами?
4. Как классифицируются СУ?
5. Как производится оценка эффективности работы технологического объекта управления?
6. Какие параметры процесса могут выступать в качестве критерия управления (КУ)?
7. Какие критерии управления используются для небольших технологических объектов и крупных ТОУ?
8. Перечислите устройства управления технологическими параметрами и оборудованием (их назначение).

ГЛАВА 6

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ АНАЛИТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ, СИГНАЛИЗАЦИИ И РЕГУЛИРОВАНИЯ

6.1. Выбор контролируемых величин

Контролю подлежат те параметры, по значениям которых осуществляется оперативное управление технологическим процессом, а также его пуск и останов. К таким параметрам относятся все режимные и выходные параметры, а также входные параметры, при изменении которых в объект будут поступать возмущения. Обязательному контролю подлежат параметры, значения которых регламентируются технологической картой.

Особое внимание должно быть уделено контролю технологических параметров взрывоопасных ТОО. Для каждого из них определяют совокупность значений критических физико-химических величин технологического процесса, а также допустимый диапазон их изменений. Для контроля загазованности (по предельно допустимой концентрации) в производственных помещениях и рабочей зоне открытых наружных установок должны предусматриваться в обязательном порядке средства автоматического газового анализа.

Параметры, характеризующие состояние взрывоопасных ТОО, должны не только контролироваться, но и регистрироваться. Сигнал на устройства контроля должен поступать от нескольких чувствительных элементов. Например, на емкости со сжиженными газами и легковоспламеняющимися жидкостями (ЛВЖ) следует устанавливать три измерителя уровня.

Автоматический контроль технологических процессов осуществляется с помощью измерительных приборов — устройств измерения, служащих для выработки сигнала о каком-либо параметре процесса в форме, доступной для непосредственного восприятия человеком.

При централизованном контроле любой измерительный прибор включает три основных узла:

- первичный измерительный преобразователь;
- канал связи;
- вторичный прибор.

Первичный измерительный преобразователь, установленный на объекте преобразует измеряемую величину в выходной сигнал, удобный для передачи по каналу связи. Канал связи служит для передачи сигнала от первичного преобразователя ко вторичному прибору. Вторичный прибор – устройство, воспринимающее сигнал от первичного преобразователя и выражающее его в удобном виде.

6.2. Выбор сигнализируемых величин

К выбору параметров сигнализации приступают после анализа ТООУ в отношении его взрыво- и пожароопасности, токсичности и агрессивности перерабатываемых веществ, возможных аварий и несчастных случаев.

Предварийной (а при необходимости и предупредительной) сигнализации подлежат параметры, предельные значения которых могут привести к указанным ниже последствиям:

- взрыву и пожару (например, концентрация взрывоопасных веществ в технологических аппаратах, производственных помещениях, рабочей зоне открытых наружных установок);
- несчастным случаям (например, концентрация токсичных веществ в помещении);
- аварии (например, крайние положения движущихся частей оборудования);
- выводу из строя оборудования (например, давление в аппаратах, температура в реакторах с катализатором);
- существенному нарушению технологического режима (например, расход инициирующих процесс добавок, уровень жидкости в аппарате);
- выпуску некондиционной продукции и браку (например, наиболее важные режимные параметры).

Естественно, что сигнализации подлежит факт изменения количественных и качественных характеристик целевых

продуктов, а также не предусмотренная технологическим регламентом остановка отдельных агрегатов.

Следует отметить, что сигнализация наиболее ответственных параметров должна осуществляться от двух параллельно установленных измерителей, например от двух измерителей уровня ЛВЖ, а срабатывание устройств сигнализации должно фиксироваться.

На предприятиях находят применение разнообразные схемы сигнализации, отличающиеся числом и типом устройств, напряжением и родом тока, характером световых и звуковых сигналов. Правильно построенные схемы обеспечивают четкую сигнализацию, способствуют предотвращению аварий и несчастных случаев.

Схема технологической сигнализации должна обеспечивать:

- одновременную подачу светового и звукового сигналов;
- сьем звукового сигнала (нажатием кнопочного выключателя);
- повторность срабатывания исполнительного устройства звуковой сигнализации (при вторичном отклонении параметра) после его отключения нажатием кнопочного выключателя;
- проверку исполнительных устройств сигнализаторов (световых и звуковых) от одного кнопочного выключателя.

Некоторые измерительные приборы имеют встроенную контактную систему, которую можно непосредственно использовать для включения ламп, звонков и т. п. Такие приборы вместе с исполнительными устройствами сигнализации (лампами, звонками и др.) можно устанавливать около аппаратов (в особых случаях те и другие должны иметь взрывозащищенное исполнение).

6.3. Выбор параметров и способов защиты

Оперативный технологический персонал при оповещении его устройствами сигнализации о нежелательных событиях должен принять соответствующие меры по их ликвидации. Если эти меры окажутся неэффективными и параметр, характеризующий состояние ТОО, достигнет аварийного значения, должны сработать *системы противоаварийной за-*

щиты (ПАЗ), которые автоматически по заданной программе перераспределяют материальные и энергетические потоки, включают и отключают аппараты объекта с целью предотвращения взрыва, аварии, несчастного случая, выпуска большого количества брака. При этом ТОО должен быть переведен в безопасное состояние, вплоть до его остановки. Возврат в рабочее состояние осуществляется технологическим персоналом.

Комплекс реализуемых способов защиты разрабатывают исходя из особенностей ТОО, анализа аварийных ситуаций и категории взрывоопасности ТОО. Для ТОО с блоками I категории взрывоопасности необходимо дополнительно моделирование ситуации средствами вычислительной техники. При этом, с одной стороны, применяемые автоматические способы должны полностью ликвидировать возникшую критическую ситуацию, с другой – последствия от вмешательства устройств защиты должны быть минимальны. Так, при достижении опасного значения концентрации какого-либо вещества должна быть перекрыта магистраль подачи данного вещества и приведена в действие аварийная система вентиляции. При превышении предельного значения давления должен сработать предохранительный клапан. При прекращении подачи одного из веществ должна быть отключена магистраль подачи другого вещества и т. д.

Одна из основных задач систем ПАЗ – максимальное уменьшение уровня взрывоопасности ТОО, в том числе:

- предотвращение взрывов и пожаров внутри оборудования;
- защита оборудования от разрушения и максимальное ограничение выбросов из него горючих веществ в атмосферу при аварийной разгерметизации;
- исключение возможных взрывов и пожаров в объеме производственных зданий, сооружений и наружных установок.

Значения установок и время срабатывания систем ПАЗ устанавливают с учетом категории пожаро- и взрывоопасности ТОО, возможной скорости изменения параметров, класса точности чувствительного элемента и быстродействия системы ПАЗ.

ТОУ, в которых при отклонениях от нормального режима возможно образование пожаро- и взрывоопасных смесей, обеспечиваются системами подачи в них инертных газов, локализирующих или предотвращающих образование взрывоопасных концентраций. Для производств, в которых имеются блоки I категории взрывоопасности, предусматривают автоматическое управление подачей инертного газа, II и III категории – дистанционное, а при относительных значениях энергетических потенциалов (Q_v) менее 10 допускается ручное управление по месту.

В случае отключения питания система ПАЗ должна обеспечить перевод ТОУ в безопасное состояние. Необходимо исключить возможность производственных переключений в системах ПАЗ при восстановлении питания.

Установка деблокирующих ключей в системах ПАЗ допускается только для обеспечения пуска, остановки или переключения. При этом должны предусматриваться устройства, регистрирующие число и продолжительность отключений параметров защиты.

6.4. Системы автоматического регулирования технологических процессов

Система автоматического регулирования технологического процесса (САР ТП) представляет собой совокупность регулируемого объекта и автоматического регулятора, взаимодействующих друг с другом. Существует большое разнообразие САР ТП. Ниже приведена классификация основных типов САР ТП по их наиболее характерным признакам.

В зависимости от характера информации о ходе ТП, используемой для цепей управления, САР подразделяют на следующие виды:

- по отклонению;
- системы комбинированного регулирования;
- с использованием промежуточных регулируемых величин;
- системы многосвязного регулирования.

САР по отклонению – это системы, в которых регулирующее воздействие формируется в результате сравнения те-

кущего и заданного значений регулируемой величины. В *системах комбинированного регулирования* регулирующее воздействие формируется по сигналу отклонения текущего значения регулируемой величины от заданного значения с использованием упреждающих сигналов от возмущающих воздействий. В *системах с использованием промежуточных регулируемых величин* регулирующее воздействие формируется по сигналу отклонения текущего значения главной регулируемой величины от заданного значения с использованием упреждающих сигналов от промежуточных регулируемых величин.

В зависимости от характера задающего воздействия САР подразделяют:

- на стабилизирующие;
- программные;
- следящие;
- оптимизирующие.

Стабилизирующие САР – это системы с постоянным заданным значением регулируемой величины. В *программных САР* заданное значение регулируемой величины изменяется во времени по установленному заранее закону-программе. В *следящих системах* заданное значение регулируемой величины определяется какой-либо другой величиной, произвольно изменяющейся во времени. В *оптимизирующих системах* заданная регулируемая величина поддерживается регулятором на оптимальном значении (максимальном или минимальном).

В зависимости от числа контуров регулирования, образованных регулируемым объектом и автоматическими регуляторами, САР подразделяют:

- на одноконтурные;
- многоконтурные;
- с переменной структурой.

В *одноконтурных системах* регулируемый объект и автоматический регулятор образуют лишь один замкнутый контур регулирования. В *многоконтурных системах* регулируемый объект и регуляторы образуют несколько взаимозависимых замкнутых контуров регулирования. *САР с переменной структурой* – это системы, в которых структура изменяется по определенному алгоритму управления. Эти си-

стемы самостоятельно приспособляются во время работы к изменениям характеристик либо условий эксплуатации регулируемого объекта.

Контрольные вопросы

1. Какие технологические параметры подлежат контролю?
2. С помощью каких устройств осуществляется автоматический контроль технологических процессов?
3. Какие параметры подлежат сигнализации?
4. Что называется системами автоматического регулирования технологических процессов (САР ТП)?
5. Как осуществляется классификация основных типов САР ТП по их наиболее характерным признакам?

ГЛАВА 7

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ УПРАВЛЕНИЯ И СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ

7.1. Выбор параметров управления

Система управления должна обеспечить достижение цели управления за счет заданной точности поддержания технологических регламентов в любых условиях производства при соблюдении надежной безаварийной работы оборудования и требований взрыво- и пожаробезопасности. При этом важно, чтобы она была по возможности проста и легка в эксплуатации.

Главной задачей при разработке СУ является выбор параметров, участвующих в управлении, т. е. тех параметров, которые необходимо регулировать, контролировать и анализировать и по значениям которых можно определить предаварийное состояние ТОО. Иными словами, разрабатывается стратегия управления технологическим объектом. При этом необходимо получить наиболее полное представление о ТОО, имея минимально возможное число выбранных параметров. Успешному достижению цели управления способствует правильный выбор автоматических устройств для реализации стратегии управления.

На этапе выбора регулируемых величин и каналов внесения регулирующих воздействий из многих параметров, характеризующих процесс, необходимо выбрать те, которые подлежат регулированию и изменением которых целесообразно вносить регулирующие воздействия. Обычно их число не превышает четвертой части параметров, участвующих в управлении. Справиться с поставленной задачей можно лишь по результатам анализа целевого назначения процесса и его взаимосвязи с другими процессами производства. Исходя из результатов анализа, выбирают критерий управления, его заданное значение и параметры, изменением которых наибо-

лее целесообразно на него воздействовать. Последнее осуществляется на основе статических и динамических характеристик процесса, дающих представление о взаимозависимости параметров.

Статические характеристики позволяют оценить степень влияния одних параметров на другие. На рис. 6, *а* показана зависимость выхода целевого продукта C от температуры T и давления P в аппарате. Анализ статических характеристик показывает, что даже большие изменения давления P не оказывают заметного влияния на параметр C . Поэтому выход целевого продукта на основе статической характеристики следует поддерживать изменением температуры T . Динамические характеристики позволяют уточнить правильность выбора. Из графика на рис. 6, *б* видно, что наименьшие запаздывания имеют место при изменении температуры T .

Канал регулирования выбирают так, чтобы регулирующее воздействие (изменение расхода, температуры, давления) сопровождалось максимальным и быстрым изменением регулируемой величины, т. е. чтобы коэффициент усиления объекта по каналу регулирования был максимален.

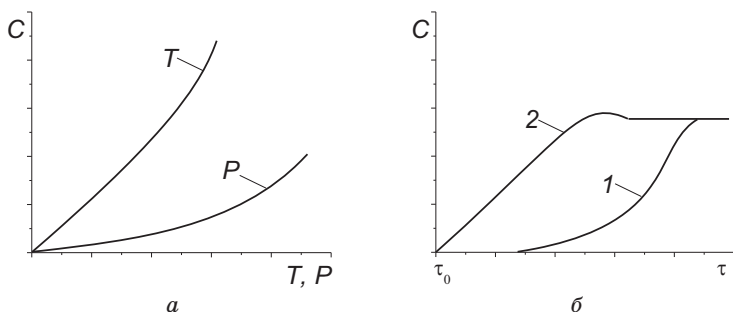


Рис. 6

Статические (*а*) и динамические (*б*) характеристики объекта:

1 – при изменении давления P ; 2 – при изменении температуры T ;

τ_0 – момент возмущения.

После выбора критерия управления и каналов воздействия на него приступают к анализу ТОУ с точки зрения возможных возмущений и путей их ликвидации до поступления в объект. При этом особое внимание необходимо обратить на стабилизацию входных параметров, так как с их изменением в объект поступают наиболее сильные возмущения.

Как правило, все возмущающие воздействия не удается ликвидировать до поступления в объект. Практически невозможно предусмотреть и устранить внутренние возмущения. Кроме того, многие входные и выходные параметры определяются технологическим режимом предыдущего или последующего процесса. Например, концентрация кислорода в обжиговом газе (производство H_2SO_4), поступающем в контактный аппарат, зависит от технологического режима процесса обжига; состав газа дегидрирования (производство синтетического каучука), подаваемого в абсорбционную колонну, зависит от хода процесса дегидрирования.

Поскольку все возможные возмущения не могут быть ликвидированы, они приводят к изменению режимных параметров, а затем и критерия управления. Появляется необходимость регулирования режимных параметров. При этом необходимо вновь обратиться к статическим и динамическим характеристикам объекта.

В конечном итоге, при автоматизации ТОУ химической технологии, как правило, приходят к созданию комбинированной СУ, осуществляющей регулирование критерия управления, режимных и входных параметров.

Следует отметить, что ввиду взаимосвязанности параметров регулирующие воздействия, направленные на регулирование одного параметра, оказывают влияние и на другие. Например, изменение количества пара, подаваемого в кипятильник ректификационной колонны, осуществляемое регулятором температуры, влияет не только на температуру в кубе, но и на уровень в нем.

Существуют способы ослабления внутренних связей между отдельными параметрами:

- выбор в качестве регулируемых величин таких параметров, которые не связаны (или слабо связаны) между собой;
- введение в цепь регулирования компенсирующих внешних связей между регуляторами.

7.2. Показатели надежности систем управления

Надежность систем управления определяется способностью системы выполнять заданные функции с сохранением во времени установленных значений эксплуатационных показателей – безотказности, ремонтпригодности и долговечности системы.

Безотказность – способность системы сохранять работоспособность в условиях эксплуатации в течение заданного времени (цикла производства, смены, месяца, квартала, года) без вынужденных (внеплановых) перерывов. Она характеризуется наработкой на отказ отдельных функций, подсистем и системы в целом.

Ремонтпригодность характеризует приспособленность системы к предупреждению, обнаружению и устранению отказов. Этот показатель важен для систем, рассчитанных на длительное использование, с многократным восстановлением работоспособности после возможных отказов и характеризуется средним временем восстановления.

Долговечность – это свойство системы сохранять работоспособность до предельного состояния (с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонта). Она определяется факторами физического и морального старения и задается сроком службы системы.

В процессе разработки, проектирования, внедрения и промышленной эксплуатации системы управления должен быть установлен и обеспечен оптимальный уровень ее надежности. Последствиями низкого уровня являются нарушения технологического режима, брак, недовыпуск целевого продукта, аварии, взрывы, а также увеличение затрат на ремонт системы. В отдельных случаях низкий уровень надежности системы может свести ее эффективность к нулю или даже сделать отрицательной (т. е. затраты будут выше экономического эффекта). Завышение показателей надежности также приводит к увеличению затрат.

Установление и обеспечение оптимального уровня надежности системы – сложная и ответственная задача. Поскольку системы управления ТОО химической технологии относятся к multifunctional, в их состав входят многочислен-

ные технические устройства и оперативный персонал. При этом, с одной стороны, в выполнении отдельной функции может использоваться несколько технических устройств, а с другой – одно и то же устройство можно использовать в выполнении нескольких функций. Немаловажное значение имеет и избыточность систем (аппаратная, информационная, временная, функциональная), что позволяет поддерживать надежность системы в целом выше надежности отдельных подсистем и устройств. Наличие оперативного персонала может как увеличить общую надежность выполнения заданных функций (если персонал является резервным звеном управления), так и уменьшить ее в случае последовательной работы персонала с техническими устройствами.

7.3. Выбор средств автоматизации

Автоматические устройства и средства вычислительной техники, реализующие функции управления, должны выбираться по возможности в рамках Государственной Системы Приборов с учетом сложности объекта и его пожаро- и взрывоопасности, агрессивности и токсичности окружающей среды, вида измеряемого технологического параметра и физико-химических свойств среды, дальности передачи сигналов от датчиков и исполнительных устройств до пунктов управления, требуемой точности и быстродействия, допустимой погрешности измерительных систем, места установки устройства, требований правил установки электрооборудования. При этом необходимо иметь в виду, что предпочтение следует отдавать однотипным, централизованным и серийно выпускаемым устройствам. Это значительно упростит поставку, а затем и эксплуатацию системы управления.

Очень ответственен выбор средств автоматизации для взрыво- и пожароопасных ТОО. В частности, производства, в составе которых имеются блоки I категории взрывоопасности, должны оснащаться системами, базирующимися на резервируемых электронных средствах с самодиагностикой и световой индикацией исправного состояния. Эти системы должны работать по специальным программам, задающим последовательность и время выполнения операций отключе-

ния при аварийных выбросах. Высокий уровень техники должен обеспечивать максимальное снижение вероятности ошибочных действий технологического персонала. Технологические блоки II и III категории взрывоопасности оснащаются эффективными быстродействующими системами приведения технологических параметров к регламентным значениям или к остановке блоков. Такие системы можно строить и без УВС.

Для блоков с $Q_v < 10$ допускается применение автоматических устройств контроля и сигнализации с ручным регулированием (где Q_v – относительные значения энергетических потенциалов).

Для максимального снижения выбросов в окружающую среду при аварийной разгерметизации блоков I категории должна быть предусмотрена установка автоматических быстродействующих запорных и (или) отсекающих устройств с временем срабатывания не более 12 с; для блоков II и III категорий – устройств с дистанционным управлением и временем срабатывания не более 120 с; для блоков с $Q_v < 10$ допускается установка запорных устройств с ручным приводом, при этом предусматривается минимальное время приведения их в действие (за счет рационального территориального размещения) не более 300 с. Исполнительные механизмы систем ПАЗ кроме указателей крайних положений (непосредственно на механизмах) должны обязательно иметь устройства сигнализации крайних положений в операторских.

Системы ПАЗ должны исключать срабатывание их при случайных и кратковременных сигналах нарушения нормального технологического режима, а также при переключении на резервный или аварийный источник питания. В случае отключения питания система должна обеспечить перевод ТОО в безопасное состояние.

Контрольные вопросы

1. Как осуществляется разработка системы управления?
2. Как производится выбор параметров, участвующих в управлении?
3. Как выбираются средства автоматизации при разработке системы управления?

ГЛАВА 8

СИСТЕМА УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ СРЕДСТВ КОНТРОЛЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ

Основными чертежами проекта автоматизации являются функциональные и принципиальные схемы автоматизации, на которых условно обозначается взаимосвязь между технологическим оборудованием, коммуникациями, органами управления и средствам автоматизации.

Средства автоматизации изображаются на принципиальной схеме либо упрощенно, отображающими функциональное значение системы, либо развернуто – с изображением всех элементов системы. Вспомогательные аппаратура и устройства на схеме не показываются.

Паряду с принципиальными разрабатываются элементарные электрические и пневматические схемы, на которых при помощи стандартных условных обозначений изображаются аппараты, устройства и их части с электрическими или пневматическими связями между ними.

8.1. Условные обозначения в схемах автоматизации

8.1.1. Графические обозначения

Условные обозначения приборов, средств автоматизации, применяемые при выполнении проектной и рабочей документации, для всех видов объектов строительства устанавливаются в соответствии с межгосударственным стандартом ГОСТ 21.208-2013.

Этот ГОСТ является исходным документом при выполнении схем автоматизации технологических процессов, разрабатываемых для строительства предприятий, зданий и сооружений всех отраслей промышленности.

Условные графические изображения приборов, аппаратов и исполнительных механизмов должны соответствовать указанным в табл. 5.

Таблица 5

Графические обозначения приборов, средств автоматизации и линий связи

Наименование	Обозначение
1. Прибор, аппарат, устанавливаемый вне щита (по месту): а) основное обозначение; б) допускаемое обозначение	
2. Прибор, аппарат, устанавливаемый на щите, пульте: а) основное обозначение; б) допускаемое обозначение	
3. Исполнительный механизм. Общее обозначение	

Отборное устройство для всех постоянно подключенных приборов изображают сплошной тонкой линией, соединяющей технологический трубопровод или аппарат с прибором (рис. 7, а). При необходимости указания конкретного места расположения отборного устройства (внутри контура технологического аппарата) его обозначают кружком диаметром 2 мм (рис. 7, б).

Следует отметить, что размеры условных обозначений, приведенные в табл. 5, должны соблюдаться при составлении чертежей и схем автоматизации.

Подвод линии связи к символу прибора (датчика) допускается изображать в любой точке окружности (сверху, снизу, сбоку). При необходимости на линии связи допускается нанести стрелки, указывающие направление передачи сигнала.

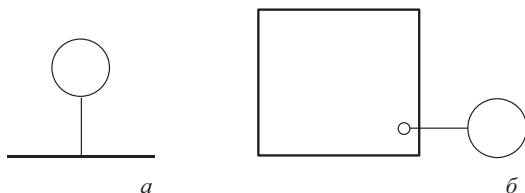


Рис. 7

Отображение отборного устройства на схемах автоматизации:

a – для всех постоянно подключенных приборов; *б* – при необходимости указания его конкретного места расположения.

8.1.2. Буквенные обозначения

Основные условные обозначения измеряемых величин выполняются следующими заглавными буквами латинского алфавита:

A – анализ – величина, характеризующая качество: состав, концентрация, детектор дыма и т. п.;

B – пламя, горение;

E – напряжение;

F – расход;

H – ручное воздействие;

I – ток;

J – мощность;

K – время, временная программа;

L – уровень;

P – давление, вакуум;

Q – количество;

R – радиоактивность;

S – скорость, частота;

T – температура;

U – несколько разнородных измеряемых величин;

V – вибрация;

W – вес, сила, масса;

X – nereкомендуемая резервная буква;

Y – событие, состояние;

Z – размер, положение, перемещение.

Для уточнения значений измеряемой величины используются следующие буквы:

D – разность, перепад;

F – соотношение, доля, дробь;

J – автоматическое переключение, обегание;

Q – интегрирование, суммирование по времени;

S – самосрабатывающее устройство безопасности;

Z – система инструментальной безопасности, ПАЗ.

Функциональные признаки приборов подразделяются на следующие группы:

– по виду отображения информации;

– по формированию выходного сигнала;

– дополнительное значение.

Ниже приведены обозначения приборов, различающихся по способу отображения информации:

A – сигнализация;

G – первичный показывающий прибор;

I – вторичный показывающий прибор;

R – регистрация;

X – вспомогательные компьютерные устройства.

Для отражения функциональных признаков приборов, участвующих в формировании выходного сигнала, применяются следующие буквы:

C – автоматическое регулирование, управление;

E – чувствительный элемент (например, первичные преобразователи: термопары, термометры сопротивления, сужающие устройства, датчики индукционных расходомеров и т. п.);

K – станция управления (например, переключатель «автоматическое – ручное»);

S – включение, отключение, переключение, блокировка;

T – преобразование (например, приборы с дистанционной передачей сигнала: манометрические термометры, бесшкальные манометры и др.);

Y – вспомогательное вычислительное устройство.

Для обозначения дополнительных параметров используются следующие буквы:

D – величина отклонения от заданной измеряемой величины;

H – верхний предел измеряемой величины;

L – нижний предел измеряемой величины;

M – величина или среднее положение (между верхним и нижним).

Эти дополнительные буквенные обозначения указываются вне условного графического изображения преобразователя, справа от него.

Следует обратить внимание на то, что в некоторых случаях одна и та же буква латинского алфавита обозначает совершенно разные признаки, например, *E* – напряжение и чувствительный элемент; *F* – расход, а также соотношение, доля, дробь; *I* – ток, а также вторичный показывающий прибор, и т. д.

Ниже будет показано, что это обстоятельство не затрудняет чтения схем автоматизации.

Установлены два способа построения условных графических обозначений:

- упрощенный;
- развернутый.

Упрощенный способ применяется для изображения приборов на технологических схемах, а развернутый – для выполнения функциональных схем автоматизации, принципиальных пневматических схем, а также схем внешних электрических и трубных проводок.

При упрощенном способе приборы и средства автоматизации, осуществляющие сложные функции (контроль, сигнализация, регулирование и т. п.) и выполненные в виде отдельных блоков, показывают с помощью одного условного графического обозначения. При этом первичные измерительные преобразователи и всю вспомогательную аппаратуру не изображают.

При развернутом методе построения каждый прибор или блок, входящий в единый измерительный, регулирующий или управляющий комплект средств автоматизации, указывают отдельным условным обозначением.

Методика построения условных графических обозначений является общей для обоих способов: в верхней части графического обозначения прибора (окружности, квадрата или прямоугольника), устанавливаемого по месту или на щите,

вписываются буквенные обозначения измеряемой величины и функциональных признаков. Последовательность буквенных обозначений (слева направо) должна быть следующей:

- а) обозначение основной измеряемой величины;
- б) обозначение, уточняющее основную измеряемую величину (при необходимости);
- в) обозначение функционального признака прибора;
- г) обозначения выполняемых функций;
- д) дополнительные обозначения параметров, наносимые справа от графического обозначения устройства.

Порядок расположения буквенных обозначений принимают с соблюдением последовательности обозначений, приведенной на рис. 8.

В нижней части условного графического изображения прибора наносится обозначение позиций (цифровое или буквенно-цифровое), которое служит для нумерации приборов и средств автоматизации в соответствии с ведомостью-спецификацией, имеющейся в текстовых документах проекта.

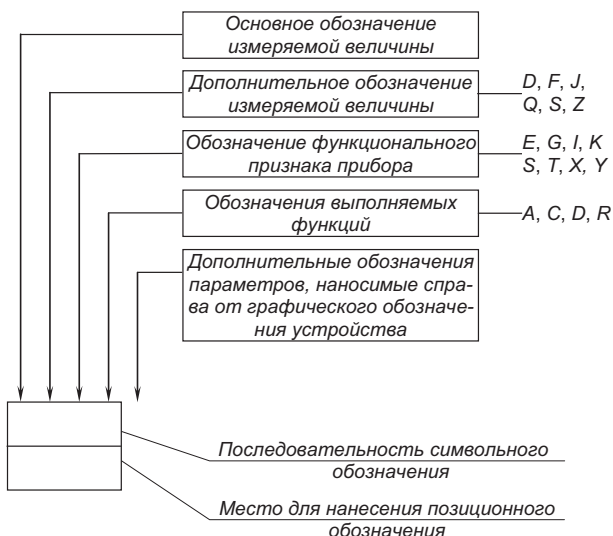


Рис. 8

Принцип построения условного обозначения прибора

При построении буквенных обозначений указывают не все функциональные признаки прибора, а лишь те, которые используют в данной схеме.

Букву *A* применяют для обозначения функции «сигнализация» независимо от того, вынесена ли сигнальная аппаратура на какой-либо щит или для сигнализации используются лампы, встроенные в сам прибор.

Букву *S* применяют для обозначения контактного устройства прибора, используемого только для включения, отключения, переключения, блокировки.

При применении контактного устройства прибора, для включения, отключения и одновременно для сигнализации в обозначении прибора используют обе буквы: *S* и *A*.

Предельные значения измеряемых величин, по которым осуществляется, например, включение, отключение, блокировка, сигнализация, допускается конкретизировать добавлением букв *H* и *L*. Эти буквы наносят справа от графического обозначения.

При необходимости конкретизации измеряемой величины справа от графического обозначения прибора допускается указывать наименование или символ этой величины.

В схемах автоматизации широко используются обозначения различных устройств, заимствованные из стандартов ЕСКД. Некоторые примеры отдельных устройств приведены в табл. 6.

В табл. 7 рассмотрены некоторые примеры построения условных обозначений.

Таблица 6

Обозначения устройств заимствованные из стандартов ЕСКД


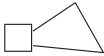
























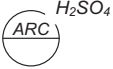
Наименование	Обозначение
Звонок электрический	
Гудок электрический	
Лампа сигнальная (табло)	 или 
Электродвигатель	

Таблица 7

Примеры построения условных обозначений приборов и средств автоматизации

Наименование	Обозначение
Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения температуры, установленный по месту. Например: термopара, термометр сопротивления, термобаллон, датчик пирометра и т. п.	
Прибор для измерения температуры показывающий, установленный по месту. Например: термометр ртутный, термометр манометрический и т. п.	
Прибор для измерения температуры показывающий, установленный на щите. Например: милливольтметр, логометр, потенциометр, мост автоматический и т. п.	
Прибор для измерения температуры с автоматическим обегаящим устройством, регистрирующий установленный на щите. Например: многоточечный самопишущий потенциометр, мост автоматический и т. п.	
Прибор для измерения температуры регистрирующий, регулирующий, установленный на щите. Например: любой самопишущий регулятор температуры (термометр манометрический, милливольтметр, логометр, потенциометр, мост автоматический и т. п.)	
Регулятор температуры бесшкальный, установленный по месту. Например: дилатометрический регулятор температуры	
Комплект для измерения температуры регистрирующий, регулирующий, снабженный станцией управления, установленный на щите. Например: вторичный прибор и регулирующий блок системы пневматической автоматики	
Прибор для измерения давления (разрежения) показывающий, установленный по месту. Например: любой показывающий манометр, дифманометр, тягомер, напорометр, вакуумметр и т. п.	
Прибор для измерения перепада давления показывающий, установленный по месту. Например: дифманометр показывающий	
Прибор для измерения давления (разрежения) бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту. Например: манометр (дифманометр) бесшкальный с пневмо- или электропередачей	

Продолжение табл. 7

Наименование	Обозначение
Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения расхода, установленный по месту. Например: диафрагма, сопло, труба Вентури, датчик индукционного расходомера и т. п.	
Прибор для измерения расхода бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту. Например: дифманометр (ротаметр), бесшкальный с пневмо- или электропередачей	
Прибор для измерения соотношения расходов регистрирующий, установленный на щите. Например: любой вторичный прибор для регистрации соотношения расходов	
Прибор для измерения расхода показывающий, установленный по месту. Например: дифманометр (ротаметр), показывающий	
Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения уровня, установленный по месту. Например: датчик электрического или емкостного уровнемера	
Прибор для измерения уровня показывающий, установленный по месту. Например: манометр (дифманометр), используемый для измерения уровня	
Прибор для измерения уровня бесшкальный, с дистанционной передачей показаний, установленный по месту. Например: уровнемер бесшкальный с пневмо- или электропередачей	
Прибор для измерения любой электрической величины показывающий, установленный по месту. Например: – напряжение; – сила тока; – мощность	  
Первичный измерительный преобразователь для измерения качества продукта, установленный по месту. Например: датчик рН-метра	
Прибор для измерения качества продукта регистрирующий, регулирующий, установленный на щите. Например: вторичный самопишущий прибор регулятора концентрации серной кислоты в растворе	

Обычно щиты и пульты изображаются на функциональной схеме автоматизации в виде прямоугольника произвольных размеров, который помещается в нижней части схемы. Внутри контура прямоугольника располагаются условные обозначения приборов, средств автоматизации, аппаратуры управления и сигнализации, которые устанавливаются на этих щитах и пультах.

Отборное устройство (или первичный преобразователь), которое обычно устанавливается на самом объекте контроля или управления (термопара, термометр сопротивления, термобаллон манометрического термометра, сужающее устройство, поплавков уровнемера и т. д.) и связано с постоянно подключенным вторичным прибором, не имеет специального обозначения. Связь между этим отборным устройством и вторичным прибором показывается тонкой сплошной линией, связывающей изображение технологического аппарата (или машины) с изображением прибора.

Во избежание путаницы и усложнения схем линии связи, идущие от изображений аппаратов (машин) к приборам, разрешается обрывать и на концах обрывов ставить одинаковые номера этих линий связи.

На линиях связи в непосредственной близости от условного изображения щита (прямоугольник) указываются рабочие значения контролируемых (регулируемых) величин.

8.2. Схемы контроля, регулирования и сигнализации

В табл. 8 приведены типовые функциональные схемы автоматического контроля наиболее важных параметров технологических процессов (расхода и количества, давления, уровня, температуры, состава и свойств веществ). В табл. 9 приведены примеры функциональных схем регулирования и стабилизации технологических параметров – одноконтурной стабилизирующей САР расхода и следящей САР соотношения расходов. Данные схемы выполнены в соответствии с ГОСТ 21.208-2013. В табл. 8 и 9 представлены как развернутые, так и упрощенные изображения функциональных схем автоматизации.

Таблица 8

**Примеры изображения функциональных схем контроля
технологических параметров**

Контролируемый параметр	Развернутое изображение	Упрощенное изображение
<p><i>Расход технологического потока:</i></p> <p>1 – прибор для измерения расхода, установленный на щите;</p> <p>1-1 – диафрагма камерная;</p> <p>1-2 – передающий преобразователь расхода;</p> <p>1-3 – вторичный пневматический регистрирующий прибор</p>		
<p><i>Расход и количество потока:</i></p> <p>1 – прибор для измерения расхода и количества, установленный на щите;</p> <p>1-1 – диафрагма камерная;</p> <p>1-2 – передающий преобразователь расхода;</p> <p>1-3 – вторичный пневматический суммирующий прибор</p>		
<p><i>Расход и количество потока:</i></p> <p>1 – счетчик, установленный по месту</p>		

Продолжение табл. 8

Контролируемый параметр	Развернутое изображение	Упрощенное изображение
<p><i>Расход потока:</i></p> <p>1 – прибор для измерения расхода, установленный на щите;</p> <p>1-1 – ротаметр;</p> <p>1-2 – вторичный пневматический регистрирующий прибор</p>		
<p><i>Расход потока:</i></p> <p>1 – прибор для измерения расхода, установленный на щите;</p> <p>1-1 – индукционный расходомер;</p> <p>1-2 – устройство контроля и регистрации</p>		
<p><i>Давление в трубопроводе:</i></p> <p>1 – прибор для измерения давления, установленный на щите;</p> <p>1-1 – измерительный преобразователь давления;</p> <p>1-2 – вторичный пневматический или электронный регистрирующий прибор</p>		
<p><i>Измерение давления в аппарате:</i></p> <p>1 – пружинный манометр технический общего назначения, установленный по месту</p>		

Продолжение табл. 8

Контролируемый параметр	Развернутое изображение	Упрощенное изображение
<p><i>Перепад давления в аппаратах:</i></p> <p>1 – прибор для измерения давления, установленный на щите;</p> <p>1-1 – измерительный преобразователь перепада давления;</p> <p>1-2 – вторичный электронный регистрирующий прибор</p>	<p>Diagram showing a vessel connected to a local instrument (PDT 1-1) and a control room instrument (PDIR 1-2).</p>	<p>Diagram showing a vessel connected to a single instrument (PDIR 1).</p>
<p><i>Уровень жидкости в аппарате:</i></p> <p>1 – прибор для измерения уровня, установленный на щите;</p> <p>1-1 – измерительный преобразователь уровня либо уровнемер буйковый;</p> <p>1-2 – вторичный регистрирующий электронный прибор, либо вторичный пневматический регистрирующий прибор</p>	<p>Diagram showing a vessel connected to a local instrument (LT 1-1) and a control room instrument (LIR 1-2).</p>	<p>Diagram showing a vessel connected to a single instrument (LIR 1).</p>
<p><i>Уровень жидкости в аппарате:</i></p> <p>1 – прибор для измерения уровня, установленный на щите;</p> <p>1-1 – емкостной уровнемер;</p> <p>1-2 – вторичный показывающий электронный прибор</p>	<p>Diagram showing a vessel connected to a local instrument (LT 1-1) and a control room instrument (LI 1-2).</p>	<p>Diagram showing a vessel connected to a single instrument (LI 1).</p>

Продолжение табл. 8

Контролируемый параметр	Развернутое изображение	Упрощенное изображение
<p><i>Уровень сыпучих тел в аппарате (сигнализация и блокировка):</i></p> <p>1 – радиоизотопный сигнализатор уровня, установленный на щите;</p> <p>1-1 – передающий преобразователь;</p> <p>1-2 – вторичный прибор</p>		
<p><i>Температура потока в трубопроводе:</i></p> <p>1 – термометр манометрический, установленный по месту;</p> <p>1-1 – термобаллон манометрического действия;</p> <p>1-2 – термометр манометрический показывающий</p>		
<p><i>Измерение температуры потока в трубопроводе:</i></p> <p>1 – прибор для измерения температуры, установленный на щите;</p> <p>1-1 – термоэлектрический преобразователь (например, сопротивления);</p> <p>1-2 – устройство контроля и регистрации</p>		

Окончание табл. 8

Контролируемый параметр	Развернутое изображение	Упрощенное изображение
<p><i>Температура поверхности аппарата:</i></p> <p>1 – прибор для измерения температуры, установленный на щите;</p> <p>1-1 – термоэлектрический преобразователь;</p> <p>1-2 – устройство контроля и регистрации</p>		
<p><i>Профиль температур в аппарате:</i></p> <p>1 – многоточечный самопишущий потенциометр, установленный на щите;</p> <p>1-1 – термоэлектрические преобразователи;</p> <p>1-2 – устройство контроля и регистрации</p>		
<p><i>Концентрация кислорода в аппарате:</i></p> <p>1 – прибор для измерения концентрации кислорода, установленный на щите;</p> <p>1-1 – датчик газоанализатора;</p> <p>1-2 – устройство контроля и регистрации</p>		

Таблица 9

Примеры схем регулирования технологических параметров

Развернутое изображение		<p><i>Одноконтурная стабилизирующая САР расхода:</i></p> <p>1 – регулятор расхода; 2 – исполнительный механизм; 1-1 – сужающее устройство (диафрагма камерная – ДК); 1-2 – передающий преобразователь расхода (Сапфир); 1-3 – вторичный регистрирующий прибор со станцией управления; 1-4 – регулирующий блок; 1-5 – исполнительный механизм</p>
Упрощенное изображение		
Развернутое изображение		<p><i>Следящая САР соотношения расходов:</i></p> <p>1 – регулятор соотношения расходов; 2 – исполнительный механизм; 1-1 и 2-1 – сужающие устройства (ДК); 1-2 и 2-2 – передающие преобразователи расхода (Сапфир); 1-3 – вторичный регистрирующий прибор со станцией управления; 1-4 – регулирующий блок; 1-5 – исполнительный механизм</p>
Упрощенное изображение		

На рис. 9 представлены функциональные схемы сигнализации одного параметра, используемые на промышленных предприятиях.

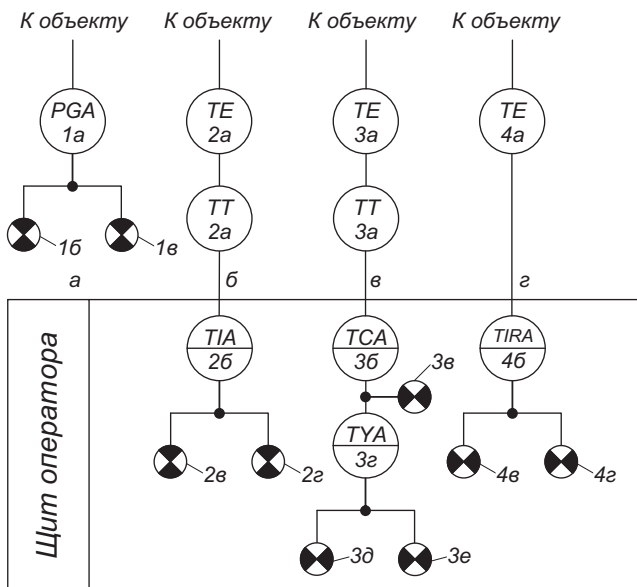


Рис. 9

Функциональные схемы технологической сигнализации:

а – схема местной сигнализации; *б–г* – схемы дистанционной сигнализации; *1а, 2б* – электроконтактные манометры; *1б, 1в, 2в, 2г, 3д, 3е, 4в, 4г* – электрические лампы; *2а, 3а* – манометрические термометры; *3б* – двухпозиционный регулятор; *3в* – пневматическая лампа; *3г* – пневмоэлектрический преобразователь; *4а* – термоэлектрический преобразователь; *4б* – потенциометр сигнализирующий (с контактным устройством).

Контрольные вопросы

1. Назовите основные принципы построения условных обозначений приборов и средств автоматизации.
2. В чем различие основных и дополнительных буквенных обозначений измеряемых величин и функциональных признаков приборов?

ГЛАВА 9

РАЗРАБОТКА СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА РЕКТИФИКАЦИИ

Рассмотрим осуществление разработки систем автоматизированного контроля и регулирования технологических процессов на примере схемы автоматизации процесса ректификации.

9.1. Обоснование выбора параметров управления процессом ректификации

Процесс ректификации относится к основным процессам химической технологии. Показателем эффективности его является состав целевого продукта. В зависимости от технологических особенностей в качестве целевого продукта могут выступать как дистиллят, так и кубовый остаток. Поддержание постоянного состава целевого продукта и будет являться целью управления. Состав другого продукта при этом может колебаться в определенных пределах вследствие изменения состава исходной смеси. В дальнейшем будем считать целевым продуктом дистиллят.

В качестве объекта управления при автоматизации процесса ректификации примем установку для разделения бинарной (двухкомпонентной) смеси (рис. 10).

При непрерывной ректификации разделяемая смесь (питание F_c) непрерывно подается в среднюю часть колонны; дистиллят, или ректификат (верхний продукт) F_d отбирается из дефлегматора, а обедненный легколетучим компонентом остаток (нижний продукт) $F_{к.о}$ отводится из куба колонны. Флегма $F_{фл}$ поступает на орошение (для взаимодействия с поднимающимися по колонне парами) в верхнюю часть ректификационного аппарата.

Ректификационная установка является сложным объектом управления со значительным временем запаздывания

(например, в отдельных случаях выходные параметры процесса начнут изменяться после изменения параметров сырья лишь через 1–3 ч), с большим числом параметров, характеризующих процесс, многочисленными взаимосвязями между ними, распределенностью их и т. д.

Трудность регулирования процесса объясняется также частотой и амплитудой возмущений. Возмущениями являются изменения начальных параметров исходной смеси, тепло- и хладоносителей, изменения свойств теплопередающих поверхностей, отложение веществ на стенках и т. д. Кроме того, на технологический режим ректификационных колонн, устанавливаемых под открытым небом, влияют колебания температуры атмосферного воздуха.

Показатель эффективности процесса – концентрация A_d искомого компонента (ИК) в дистилляте самым непосредственным образом зависит от начальных параметров исходной смеси. С их изменением в процесс могут поступать наиболее сильные возмущения, в частности по каналу состава исходной смеси, так как состав определяется предыдущим технологическим процессом.

Расход сырья F_c может быть стабилизирован с помощью регулятора расхода.

Рассмотрим возможности регулирования режимных параметров верхней (укрепляющей) части ректификационной колонны, непосредственно определяющих состав дистиллята.

Давление в верхней части колонны $P_{в.к}$ легко стабилизировать изменением расхода пара из колонны. Исполнительное устройство при этом устанавливают не на шлемовой трубе, соединяющей верхнюю часть ректификационной колонны с дефлегматором, а на линии хладоносителя, поступающего в дефлегматор (т. е. регулирование осуществляется за счет изменения расхода охлаждающей воды F_v). Это вызвано, в частности, тем, что при дросселировании пара в шлемовой трубе дефлегматор начинает работать в режиме переменного давления, что неблагоприятно влияет на процесс конденсации.

Стабилизация давления в верхней части колонны необходима не только для поддержания заданного состава целево-

го продукта, но и для обеспечения нормального гидродинамического режима колонны, так как при понижении давления может произойти «захлебывание» колонны (восходящий поток пара начинает препятствовать стеканию жидкости по тарелкам вниз), а при его повышении уменьшается скорость парового потока, что связано с уменьшением производительности установки.

Сравнительно просто регулировать также концентрацию A_d изменением расхода флегмы: чем выше этот расход, тем больше в жидкости низкокипящего компонента, и наоборот.

На практике часто регулируют состав паров (а в отдельных случаях и непосредственно состав дистиллята) изменением расхода флегмы. Регулирующий орган во всех случаях может быть установлен как на линии флегмы, так и на линии дистиллята (т. е. регулирование осуществляется за счет изменения расхода продукта $F_{пр}$), что равноценно. В качестве анализаторов состава используют хроматографы и газоанализаторы.

Итак, для достижения цели управления необходимо стабилизировать давление и состав жидкости в верхней части колонны. Качество регулирования этих параметров зависит от состава и скорости паров, движущихся из нижней (исчерпывающей) части колонны и определяемых ее технологическим режимом – главным образом давлением, температурой и составом жидкости в кубе колонны.

Необходимость стабилизации давления паров в кубе отпадает, так как ректификационная колонна обладает хорошо выраженными свойствами самовыравнивания по этому параметру, и регулирование давления в укрепляющей части колонны приведет к тому, что давление в кубе через несколько минут примет определенное (несколько большее, чем в верхней части колонны) значение.

Этого нельзя сказать о температуре (составе) жидкости в кубе (как в верхней части колонны, в кубе, кроме давления, достаточно регулировать лишь один параметр). Изменение расхода флегмы с целью регулирования второго параметра приводит к изменению параметров в кубе колонны лишь через несколько часов. В связи с этим для поддержания нормального режима в кубе возникает необходимость независи-

мого регулирования одного из этих параметров. Обычно стабилизируют температуру, поскольку, с одной стороны, датчик температуры значительно проще и надежнее, чем анализаторы состава, а с другой стороны, если целевым продуктом является дистиллят, то требования к технологическому режиму в нижней части колонны менее жесткие, чем в верхней части. Итак, в кубе колонны следует регулировать температуру $T_{к.к.}$.

Регулирующие воздействия в нижней части колонны могут осуществляться изменением расходов кубового остатка и теплоносителя, подаваемого в кипятильник. Если учесть, что расход остатка $F_{к.о}$ следует использовать для поддержания материального баланса, т. е. для стабилизации уровня жидкости в кубе $L_{к.к.}$, то единственным регулирующим воздействием при регулировании температуры является изменение расхода теплоносителя (греющего пара) $F_{п.}$.

Таким образом, если целевым продуктом является дистиллят, то для достижения цели управления следует регулировать расход исходной смеси, давление в верхней части колонны, состав жидкости в верхней части колонны, температуру и уровень жидкости в кубе. (Если же целевым продуктом является кубовый остаток, то в нижней части колонны регулируют состав жидкости изменением расхода теплоносителя, а в верхней — температуру изменением расхода флегмы.)

Контролю подлежат: расход исходной смеси, дистиллята, флегмы, остатка, тепло- и хладоносителей; состав жидкости в верхней части колонны; температура и уровень жидкости в кубе; давление в верхней части колонны.

Сигнализации подлежат значительные отклонения состава целевого продукта, уровня и давления в колонне от заданных значений. При давлении в колонне выше допустимого, а также при прекращении поступления исходной смеси должны сработать автоматические устройства защиты, отключающие ректификационную установку. При этом магистрали теплоносителей, остатка и дистиллята перекрываются, а магистрали хладоносителя и флегмы полностью открываются.

9.2. Схема и спецификация средств автоматизации процесса ректификации

В табл. 10 для более удобного восприятия подытожена приведенная выше информация о регулируемых величинах и регулирующих воздействиях для управления ректификационной установкой для разделения бинарной смеси при условии, что целевым продуктом является дистиллят.

Таблица 10

Регулирование процесса ректификации

Регулируемая величина		Регулирующее воздействие	
Расход сырья	F_c	Расход сырья	F_c
Давление вверху колонны	$P_{в.к}$	Расход воды	F_v
Концентрация ИК в дистилляте	A_d	Расход продукта	$F_{пр}$
Температура в кубе колонны	$T_{к.к}$	Расход теплоносителя	$F_{п}$
Уровень жидкости в кубе	$L_{к.к}$	Расход кубового остатка	$F_{к.о}$

Контролю подлежат:

- расход сырья (F_c);
- расход дистиллята (F_d);
- расход флегмы ($F_{фл}$);
- расход кубового остатка ($F_{к.о}$);
- расход теплоносителя ($F_{п}$);
- расход воды (F_v);
- концентрация ИК в дистилляте (A_d);
- уровень жидкости в кубе ($L_{к.к}$);
- температура в кубе колонны ($T_{к.к}$);
- давление вверху колонны ($P_{в.к}$).

Сигнализации подлежат:

- концентрация ИК в дистилляте (A_d);
- уровень жидкости в кубе ($L_{к.к}$);
- давление вверху колонны ($P_{в.к}$);
- расход сырья (F_c).

В качестве примера на рис. 10 приведена функциональная схема автоматизации процесса ректификации.

В табл. 11 приведена спецификация средств автоматизации процесса ректификации.

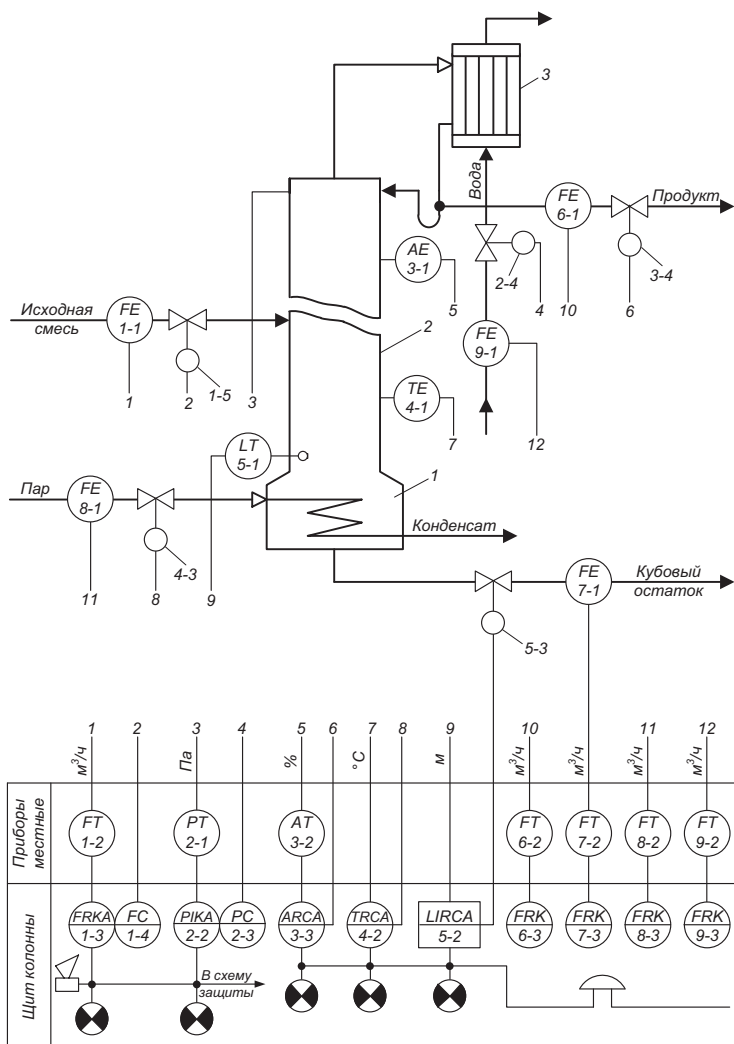


Рис. 10

Схема автоматизации процесса ректификации:

1 – куб-испаритель; 2 – колонна; 3 – дефлегматор-конденсатор.

Таблица 11

Спецификация средств автоматизации процесса ректификации

Позиция	Наименование оборудования	Количество
Регулирование расхода исходной смеси		
1-1	Сужающее устройство (ДК)	5
1-2	Передающий преобразователь расхода (Сапфир)	5
1-3	Вторичный регистрирующий прибор со станцией управления	5
1-4	Регулирующий блок	2
1-5	Исполнительный механизм	5
Регулирование давления в верхней части колонны		
2-1	Измерительный преобразователь давления	1
2-2	Вторичный измерительный прибор со станцией управления	1
2-3	См. контур 1, поз. 1-4	
2-4	См. контур 1, поз. 1-5	
Регулирование состава жидкости в верхней части колонны		
3-1	Датчик прибор для измерения концентрации	1
3-2	Передающий преобразователь концентрации	1
3-3	Устройство контроля и регистрации	1
3-4	См. контур 1, поз. 1-5	
Регулирование температуры жидкости в кубе колонны		
4-1	Термоэлектрический преобразователь (например, сопротивления)	1
4-2	См. контур 3, поз. 3-3	
4-3	См. контур 1, поз. 1-5	
Регулирование уровня жидкости в кубе колонны		
5-1	Измерительный преобразователь уровня или уровнемер буйковый	1
5-2	Вторичный регистрирующий электронный прибор, либо вторичный пневматический регистрирующий прибор	1
5-3	См. контур 1, поз. 1-5	
Контролирование расходов потоков		
6-1, 7-1, 8-1, 9-1	См. контур 1, поз. 1-1	
6-2, 7-2, 8-2, 9-2	См. контур 1, поз. 1-2	
6-3, 7-3, 8-3, 9-3	См. контур 1, поз. 1-3	

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В учебном пособии рассмотрены основы методологии построения систем автоматизированного контроля и управления технологическими и химико-технологическими процессами.

Усвоение данного материала позволит будущим бакалаврам осуществлять осознанный, научно обоснованный подход к оценке экономических показателей различных возможных технологических схем того или иного процесса, что будет способствовать выбору оптимального наиболее эффективного технического решения для выпуска высококачественной продукции, отвечающей соответствующим техническим требованиям.

При составлении книги автором использован педагогический опыт преподавания затронутых в пособии вопросов в Санкт-Петербургском государственном инженерно-экономическом университете (ИНЖЭКОН, с 2013 г. – Санкт-Петербургский государственный экономический университет), Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого и Вирумааском колледже Таллиннского технического университета (г. Кохтла-Ярве).

Автор выражает надежду, что учебное пособие вызовет интерес и стремление читателей к более глубокому изучению поставленных проблем. Материалы окажутся полезны не только студентам, работающим над постановкой и решением задач по управлению предприятиями нефтегазохимического комплекса на различных уровнях, но также менеджерам компаний и предприятий.

ГЛОССАРИЙ

Автоматизированная система управления предприятием (АСУП) – человеко-машинная система, объединяющая административно-управленческий персонал предприятия, вычислительную и организационную технику.

Автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУ ТП, система автоматизированного управления технологическими процессами) – человеко-машинная система управления, предназначенная для выработки и реализации управляющих воздействий на технологический объект управления в соответствии с принятым критерием управления при помощи современных средств сбора и переработки информации, в первую очередь средств вычислительной техники.

Автоматизированный технологический комплекс (АТК) – совокупность совместно функционирующих АСУ ТП и технологических объектов управления называется.

Административно-управленческий персонал (АУП) – руководители предприятия, инженерно-технические работники и служащие заводоуправления и цехов.

Вычислительная среда (ВС) – совокупность объектов, участвующих в вычислениях (трактовка этих терминов зависит от контекста употребления).

Безотказность – способность системы сохранять работоспособность в условиях эксплуатации в течение заданного времени (цикла производства, смены, месяца, квартала, года) без вынужденных (внеплановых) перерывов.

Долговечность – свойство системы сохранять работоспособность до предельного состояния (с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонта).

Контроллер – специализированное техническое устройство, предназначенное для приема и обработки сигналов от каких-либо датчиков, а также для управления внешними устройствами на основании результатов обработки принятых сигналов.

Критерий управления (КУ) – показатель, характеризующий функционирование технологического объекта управления в целом и принимающим числовые значения в зависимости от возмущающих и управляющих воздействий.

Мнемоническая схема (мнемосхема) – наглядное, графическо-схематическое, условное представление системы или процессов системы в символьно-графической форме, наглядно отображающее исследуемую систему.

Ремонтопригодность – приспособленность системы к предупреждению, обнаружению и устранению отказов.

Система автоматического регулирования технологического процесса (САР ТП) – совокупность регулируемого объекта и автоматического регулятора, взаимодействующих друг с другом.

Система управления (СУ) технологическим объектом – совокупность оперативного технологического персонала и комплекса технических средств автоматизации управления, связанных общей задачей управления.

Системы противоаварийной защиты (ПАЗ) – системы, которые автоматически по заданной программе перераспределяют материальные и энергетические потоки, включают и отключают аппараты объекта с целью предотвращения взрыва, аварии, несчастного случая, выпуска большого количества брака.

Технологический объект управления (ТОУ) – совокупность технологического оборудования и реализованного на нем по соответствующим регламентам (режимам) технологического процесса.

Технологический режим – единовременная совокупность значений всех параметров.

Управление – совокупность действий, выбранных на основании определенной информации и направленных на поддержание или улучшение функционирования объекта в соответствии с имеющейся программой или целью управления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Андреев, Е. Б.* Автоматизация технологических процессов добычи и подготовки нефти и газа : учеб. пособие для вузов / Е. Б. Андреев, А. И. Ключников, А. В. Кротов и др. – М. : ООО «Недра-Бизнесцентр», 2008. – 399 с.
- Васильев, В. В., Карпов, К. А., Саламатова, Е. В.* Технический анализ, контроль и основы автоматизации химико-технологических процессов : учеб. пособие. – СПб. : СПбГИЭУ, 2011. – 130 с.
- Карпов, К. А.* Основы автоматизации химических производств : учеб. пособие. – СПб. : СПбГИЭУ, 2004. – 92 с.
- Мелюшев, Ю. К.* Основы автоматизации химических производств и техника вычислений : учебник для техникумов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия, 1982. – 360 с.
- Полоцкий, Л. М., Лапшенков, Г. И.* Автоматизация химических производств. Теория, расчет и проектирование систем автоматизации : учеб. пособие для хим.-технол. спец. вузов. – М. : Химия, 1982. – 296 с.
- Прахова, М. Ю.* Основы автоматизации производственных процессов нефтегазового производства : учеб. пособие для студ. учреждений высш. проф. образования / М. Ю. Прахова, Э. Л. Шаловников, Н. А. Ишинбаев, С. В. Щербинин; под ред. М. Ю. Праховой. – М. : Издательский центр «Академия», 2012. – 256 с.
- Шапиро, Ю. З.* АСУ химическими производствами. Унифицированные решения. – М. : Химия, 1983 – 224 с.
- Шестихин, О. Ф., Красильников, В. С., Коптев, Ю. П.* Автоматизированное управление предприятиями нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. – Л. : Химия, 1986. – 200 с.
- Шувалов, В. В., Огаджанов, Г. А., Голубятников, В. А.* Автоматизация производственных процессов в химической промышленности. – М. : Химия, 1991. – 480 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Задания для выполнения практической работы

Выполненная практическая работа должна содержать развернутое изображение схемы автоматизации технологического объекта, сделанное с учетом требований к условным обозначениям, и спецификацию.

Пример выполнения задания приведен в Главе 9. Разработка схемы автоматизации процесса ректификации.

Практические задания по автоматизации нефтегазовых производств

Поднятая на поверхность различными способами (фонтанным, насосным, газлифтным) нефть от скважин по скважинным коллекторам направляется на групповую замерную установку (ГЗУ). Скважины поочередно подключаются к замерной установке для определения их дебита по жидкой и газовой фазам.

После замера нефть попадает в промысловый коллектор. Для ее подачи на центральный пункт сбора (ЦПС) или на установку подготовки нефти (УПН), используют дожимные насосные станции (ДНС). Они имеют в своем составе центробежные насосы, сепараторы, отстойники, теплообменные аппараты (теплообменники), резервуары (нефть и пластовая вода) и др. В ДНС из нефти частично отделяют газ и воду (в сепараторах и отстойниках), а затем с помощью насосов транспортируют до ЦПС или УПН.

Установки предварительного сброса пластовых вод (УПСВ) могут включать в свой состав отстойники и технологические резервуары, где нефть отстаивается, и из нее частично выделяются вода и газ.

Частично обезвоженная нефть попадает на УПН, в состав которых включены сепарационные установки (СУ), предназначенные для дегазации нефти, установки обезвоживания и обессоливания (УОО), установки стабилизации (УС) для выделения из нефти легких углеводородных фракций. Фракции легких углеводородов имеют достаточно низкую температуру кипения и могут быть потеряны в процессе транспорта нефти по магистральным нефтепроводам.

Подготовленная (товарная) нефть направляется в товарный парк (резервуары), откуда ее насосами через узлы коммерческого учета готовой продукции (УУ) подают в магистральный нефтепровод.

Пластовая вода, выделенная из нефтяной эмульсии на установках предварительного сброса вод, установках подготовки нефти, поступает на установку очистки пластовых вод (УОПВ), после чего ее снова закачивают в пласт через водораспределительные блоки (ВРБ) и нагнетательные скважины с помощью кустовой насосной станции (КНС)

для поддержания пластового давления (ППД) с целью улучшения притока нефти к забоям эксплуатационных скважин.

Газ, выделенный на технологических аппаратах УПСВ и УПН, направляется на газоперерабатывающий завод (ГПЗ). Часть этого газа подается компрессорной станцией (КС) на газораспределительную установку (ГРУ), а затем – в затрубное пространство нефтяных скважин, эксплуатируемых газлифтным методом.

Задание 1. Разработка схемы автоматизации нефтегазосепаратора

На рис. П.1 приведена функциональная схема нефтегазосепаратора.

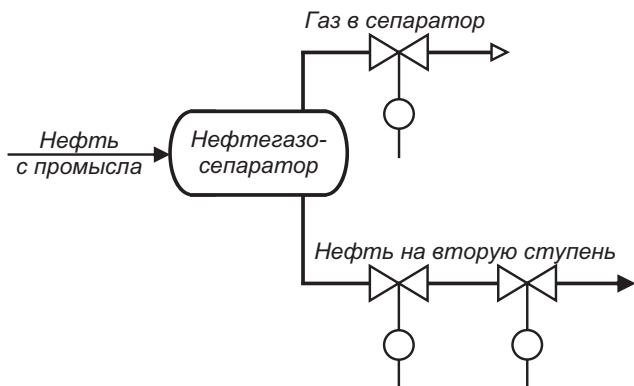


Рис. П.1
Нефтегазосепаратор

В табл. П.1 приведена информация, необходимая для построения схемы автоматизации нефтегазосепаратора.

Таблица П.1

Регулирование работы нефтегазосепаратора

Фиксируемый параметр	Регулирующее воздействие	Средства контроля	Средства сигнализации
Давление в сепараторе	Расход газа	+	+
Расход жидкости на выходе	—	+	+
Температура жидкости на выходе	—	+	состояние клапана
Уровень жидкости в сепараторе	Расход нефти, идущей на вторую ступень сепарации	+	—
			предельные значения

Задание 2. Разработка схемы автоматизации теплообменного аппарата

В кожухотрубчатом теплообменнике (рис. П.2) обводненную нефть (продукт) нагревают горячей водонефтяной смесью (теплоносителем).

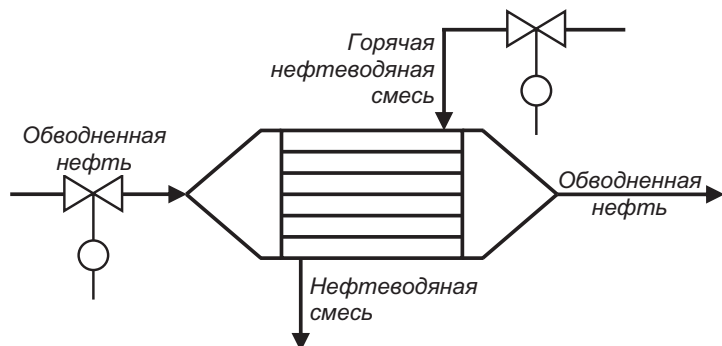


Рис. П.2

Кожухотрубчатый теплообменный аппарат

В табл. П.2 приведена информация, необходимая для построения схемы автоматизации теплообменника (ТО).

Таблица П.2

Регулирование работы теплообменного аппарата

Фиксируемый параметр	Регулирующее воздействие	Средства контроля	Средства сигнализации
Давление продукта до ТО	—	+	—
Давление теплоносителя до ТО	—	+	—
Начальная температура теплоносителя	—	+	—
Расход продукта до ТО	Расход продукта до ТО	+	+
Температура продукта на выходе из ТО	Расход теплоносителя до ТО	+	+

Задание 3. Разработка схемы автоматизации отстойника

На рис. П.3 приведена функциональная схема отстойника.

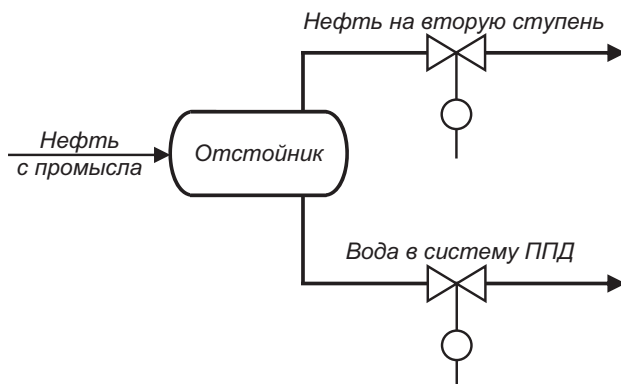


Рис. П.3
Отстойник

В табл. П.3 приведена информация, необходимая для построения схемы автоматизации отстойника.

Таблица П.3

Регулирование работы отстойника

Фиксируемый параметр	Регулирующее воздействие	Средства контроля	Средства сигнализации
Давление в отстойнике	—	+	+
Обводненность (влажность) нефти	—	+	+
Расход воды интегральный	—	+	—
Расход нефти интегральный	—	+	—
Уровень жидкости в отстойнике	Расход нефти, идущей на вторую ступень сепарации	+	+
Уровень раздела фаз (нефть—вода)	Расход воды	+	+
			предельные значения
			предельные значения

Практические задания по автоматизации химических производств**Задание 4. Разработка схемы автоматизации процесса смешения жидкостей**

В емкости смешиваются две жидкости А и Б (рис. П.4).

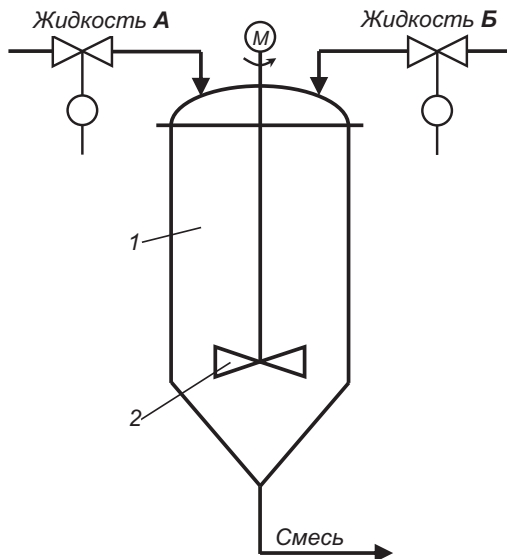


Рис. П.4

Аппарат с перемешивающим устройством:

1 – емкость (аппарат); 2 – механическая мешалка.

В качестве показателя эффективности процесса перемешивания выступает концентрация искомого компонента (ИК) в смеси, а целью управления – получение смеси с определенной концентрацией этого компонента.

В табл. П.4 приведена информация о регулируемых величинах и регулирующих воздействиях для управления аппаратом (емкостью) с перемешивающим устройством.

Таблица П.4

Регулирование процесса смешения жидкостей

Фиксируемый параметр	Регулирующее воздействие	Средства контроля	Средства сигнализации
Концентрация ИК в смеси	Расход жидкости А	+	+
Привод перемешивающего устройства	—	+	—
Расход жидкости А	—	+	—
Расход жидкости Б	—	+	—
Расход смеси жидкостей	—	+	—
Уровень жидкости в аппарате	Расход жидкости Б	+	+

Задание 5. Разработка схемы автоматизации процесса экстракции

В нижнюю часть противоточного экстрактора (рис. П.5) подают исходный раствор, а в верхнюю – растворитель.

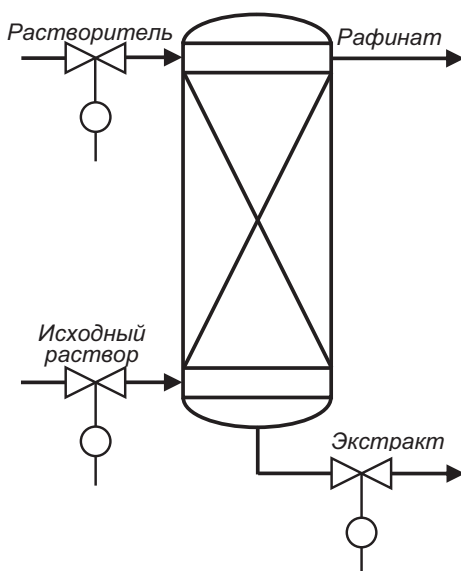


Рис. П.5

Противоточный экстрактор

Показателем эффективности процесса экстракции является концентрация извлекаемого компонента (ИК) в рафинате, а целью управления – достижение определенного значения этой концентрации.

В табл. П.5 приведена информация о регулируемых величинах и регулирующих воздействиях для управления противоточным экстрактором.

Таблица П.5

Регулирование процесса смешения жидкостей

Фиксируемый параметр	Регулирующее воздействие	Средства контроля	Средства сигнализации
Давление в аппарате	—	+	—
Концентрация ИК в рафинате	Расход растворителя	+	+
Расход растворителя	—	+	—
Расход рафината	—	+	—
Расход экстракта	—	+	—
Стабилизация расхода исходного раствора	Расход исходного раствора	+	—
Температура исходного раствора	—	+	—
Температура растворителя	—	+	—
Температура экстракта	—	+	—
Уровень раздела фаз в аппарате	Расход экстракта	+	—

Константин Анатольевич КАРПОВ
**ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВ
НЕФТЕГАЗОХИМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА**

Учебное пособие

Издание второе, стереотипное

Зав. редакцией
естественнонаучной литературы *М. В. Рудкевич*

ЛР № 065466 от 21.10.97
Гигиенический сертификат 78.01.10.953.П.1028
от 14.04.2016 г., выдан ЦГСЭН в СПб
Издательство «ЛАНЬ»
lan@lanbook.ru; www.lanbook.com;
196105, Санкт-Петербург, пр. Юрия Гагарина, 1, лит. А.
Тел.: (812) 412-92-72, 336-25-09.
Бесплатный звонок по России: 8-800-700-40-71

Подписано в печать 12.03.19.
Бумага офсетная. Гарнитура Школьная. Формат 84×108 ¹/₃₂.
Печать офсетная. Усл. п. л. 5,67. Тираж 100 экз.
Заказ № 241-19.

Отпечатано в полном соответствии
с качеством предоставленного оригинал-макета
в АО «Т8 Издательские технологии».
109316, г. Москва, Волгоградский пр., д. 42, к. 5.