

Раздел 1. Основы автоматизации производства

Тема 1.2. Автоматизированные системы управления технологическими процессами Общие средства автоматизации

Содержание темы: Задачи, структура АСУТП. Основные функции, режимы работ АСУТП. Виды обеспечения АСУТП. Основы метрологии. Стандартизация измерений. Основные понятия системы автоматического контроля (САК). Системы автоматического управления (САУ). Системы автоматического регулирования (САР). Процессы. Управление. Сигналы. Исполнительные механизмы. Датчики. Каналы связи. Типы автоматических систем.

1. Задачи, структура АСУТП

Задачи АСУТП химических производств:

- точное соблюдение параметров технологического процесса, контроль оборудования, выбросов пара и вредных веществ;
- экономия расхода сырья, снижение энергетических затрат;
- обеспечение безопасности, уменьшение влияния человеческого фактора;
- обеспечение непрерывности процесса по всей производственной цепочке и синхронизация операций;
- управление документооборотом, финансовыми потоками, закупками, сбытом;
- повышение точности оперативного планирования работы производства, рациональное управление загрузкой технологических линий, своевременное обеспечение сырьём;
- повышение эффективности производства, снижение затрат ресурсов;
- снижение риска нарушения сроков выпуска продукции;
- повышение прозрачности производственных процессов.

Структура АСУТП состоит из трёх уровней:

1. **Нижний уровень** — это контрольно-измерительные приборы и исполнительные механизмы (всевозможные датчики, электроприводы и т.д.). Устройства полевого уровня собирают информацию о физических параметрах системы, о ходе технологических процессов, преобразуют информацию в электрические сигналы и передают её на следующий уровень иерархической структуры АСУТП.
2. **Средний уровень** — это уровень контроллеров, которые устанавливаются внутри шкафов автоматизации. Получая информацию от полевого уровня, контроллеры передают её на верхний уровень.
3. **Верхний уровень** — это система серверов, компьютеров, мониторов, на которых визуализируются все изменения параметров работы технологических процессов, аварийное срабатывание оборудования, действия персонала. Это уровень мониторинга (диспетчеризации), в работе которого принимают участие операторы. Оборудование и программное обеспечение осуществляет сбор, хранение, выдачу необходимой информации по запросу.

Поскольку химическое производство представляет собой потенциально опасное производство, то для повышения надёжности системы обязательно используется резервирование элементов системы автоматизации.

2. Основные функции, режимы работ АСУТП

Основные функции АСУТП химических производств:

- **Диагностика оборудования**, измерение и контроль технологических параметров и определение причин возникновения аварийных ситуаций.
- **Сигнализация** (световая и звуковая) при отклонении технологических параметров от заданных режимов и аварийном состоянии оборудования.
- **Логическое управление блокировками и защитой**, аварийное отключение (переключение) технологического оборудования.
- **Управление (регулирование) технологическими параметрами.**

- **Дистанционный сбор и отображение технологической информации** на мнемосхемах.
- **Оперативное выявление** аварийных и предаварийных ситуаций, отклонений технологического процесса от заданных режимов.
- **Технологические блокировки и автоматическая защита** технологического оборудования при возникновении аварийных ситуаций.
- **Диагностика состояния системы.**
- **Связь с другими системами.**
- **Хранение в базе данных** и воспроизведение истории технологического процесса за заданный период времени.
- **Регистрация действий оператора.**
- **Автоматическое заполнение журналов событий**, происходящих в системе.
- **Автоматическое включение резервного оборудования.**
- **Учёт наработки технологического оборудования.**

Режимы работы АСУТП:

1. **Автоматический.** Предусматривает автоматическую выработку и реализацию управляющих воздействий. Различаются режим косвенного управления, когда средства вычислительной техники автоматически изменяют уставки и (или) параметры настройки локальных систем автоматического управления (регулирования), и режим прямого (непосредственного) цифрового (или аналого-цифрового) управления, когда управляющее вычислительное устройство формирует воздействие на исполнительные механизмы.
2. **Диспетчерский.** Это уровень централизованного управления техпроцессами изготовления конечной продукции. Здесь сосредоточены мощные аппаратно-технические ресурсы, анализирующие весь массив информации о функционировании предприятия. Компьютеры, входящие в состав диспетчерского уровня, располагают возможностями визуализации всех технологических процессов. Это позволяет в любой момент времени проверять качество работы автоматики и предотвращать аварийные ситуации, которые могут возникать из-за системных сбоев.
3. **Ручной.** В этом режиме комплекс технических средств представляет оперативному персоналу контрольно-измерительную информацию о состоянии технологического объекта, а выбор и осуществление управляющих воздействий производит человек-оператор.

Некоторые режимы работы АСУТП химических производств:

1. **Информационно-советующий режим.** В нём оперативный персонал работает в контуре управления и реализует все функции или часть из них, используя рекомендации системы по рациональному управлению технологическим процессом.
2. **Режим непосредственного цифрового управления.** В этом режиме управляющий вычислительный комплекс непосредственно воздействует на исполнительные устройства, изменяя управляющие воздействия на технологический процесс.
3. **Режим автоматизированного пуска и останова.** Повышает безопасность ведения процесса, снижает время вывода объекта на режим, потери сырья, материалов и энергозатраты.
4. **Режим ситуационного анализа.** Позволяет обеспечить оператора интегрированной аналитической информацией о состоянии технологического процесса и выдаёт необходимые рекомендации по управлению им.
5. **Режим противоаварийной защиты (ПАЗ).** Система ПАЗ работает параллельно и независимо от основной АСУТП, дублируя её на особо ответственных участках. Она осуществляет действия, предотвращающие развитие аварийных ситуаций, вплоть до аварийного (безопасного) останова процесса.

3. Виды обеспечения АСУТП

1. **Техническое обеспечение.** Его составляет комплекс технических средств, который включает в себя датчики, преобразователи, системы приёма и передачи сигналов, каналы связи, регуляторы (контроллеры), исполнительные механизмы, регулирующие органы и пр.
2. **Программное обеспечение.** Включает в себя общесистемное программное обеспечение (ОС, трансляторы, компиляторы, служебные программы) и специальное программное обеспечение, которое обеспечивает выполнение функций АСУТП.
3. **Информационное обеспечение.** Правила обмена информацией и сама информация, циркулирующая в АСУТП, образуют информационное обеспечение.
4. **Организационное обеспечение.** Представляет собой совокупность описаний функциональной, технической и организационной структур системы, инструкций и регламентов для оперативного персонала, обеспечивающую заданное функционирование АСУТП.

4. Основы метрологии

Основы метрологии химических производств включают в себя установление и использование научных, организационных основ, технических средств, норм и правил для соблюдения принципа единства и требуемой точности измерений.

Основы метрологии химических производств включают в себя следующие положения:

- **Оснащение производственной лаборатории.** Помимо испытательного оборудования и средств измерений, лаборатория должна иметь полный комплект нормативных, технических, методических и других документов, которые регулируют её сферу деятельности.
- **Выполнение требований по правилам отбора, консервации, хранения и транспортировки проб.** Также необходимо готовить чистые растворы, анализировать титры, соблюдать сроки и правила хранения, корректно оформлять документацию по проведению испытаний.
- **Использование стандартных образцов материалов.** Это основной метод обеспечения единства измерений. Также применяются стандартные справочные данные о свойствах чистых веществ, их смесей, сплавов и т. д.
- **Метрологический контроль.** Он предусматривает проверку соответствия точности результатов установленным требованиям (нормам погрешностей). Для этого используют метрологически аттестованные или стандартизованные методики, стандартные образцы, аттестованные смеси или вещества известного состава.

Изучением общих вопросов, связанных с измерением, обработкой и интерпретацией результатов химического анализа, занимается специальный раздел аналитической химии — химическая метрология.

- **Принцип единства измерений.** Это состояние измерений, при котором их результаты выражаются в узаконенных единицах, а погрешности известны и с заданной вероятностью не выходят за установленные пределы.
- **Обработка результатов химического анализа.** Химическая метрология даёт обоснование методам обработки с целью получения наиболее корректного представления результата, чтобы не была искусственно завышена или занижена его точность.
- **Понятия погрешности и неопределённости результата измерения.** Отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины называется погрешностью. По способу получения результаты измерений подразделяют на прямые, косвенные, совместные и совокупные.

- **Измерение содержания вещества.** Все измерения химических величин являются косвенными, основанными на использовании градуировочной функции.

5. Стандартизация измерений

Стандартизация измерений в химических производствах включает в себя разработку, аттестацию и стандартизацию методик выполнения измерений, а также метрологический надзор (контроль) за ними.

Некоторые стандарты, которые регулируют эти процессы:

- **РМГ 76-2014.** Рекомендации по межгосударственной стандартизации «Государственная система обеспечения единства измерений. Внутренний контроль качества результатов количественного химического анализа».
- **Р 50.2.090-2013.** Стандарт «Государственная система обеспечения единства измерений. Методики количественного химического анализа. Общие требования к разработке, аттестации и применению».
- **ГОСТ 8.010-2013.** Стандарт распространяется на методики выполнения измерений, включая методики количественного химического анализа, и устанавливает общие положения и требования к разработке, аттестации, стандартизации методик и метрологическому надзору (контролю) за ними.
- **ГОСТ 8.315-2019.** Стандарт устанавливает основные положения о стандартных образцах состава и свойств веществ и материалов.
- **ГОСТ Р ИСО 16243-2016.** Стандарт устанавливает минимальный объём информации, которую необходимо включать в протокол при проведении химического анализа поверхности и приповерхностных слоёв исследуемого образца с помощью рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии.

Стандартизация измерений в химических производствах включает в себя следующие процессы:

1. **Разработка методик количественного химического анализа (МКХА).** Валидацию методики осуществляет разработчик или пользователь, а аттестацию— аккредитованные на этот вид деятельности юридические лица или индивидуальные предприниматели.
2. **Использование стандартных образцов (СО).** СО утверждённого типа состава чистых веществ применяют для градуировки, калибровки и поверки средств измерений, используемых при проведении испытаний продукции.
3. **Разработка стандартов.** Создают стандарты на методы и средства контроля, калибровки и поверки физико-химических анализаторов и приборов, на требования к применяемым стандартным образцам и методикам измерения.

6. Основные понятия системы автоматического контроля (САК), системы автоматического управления (САУ)

Система автоматического контроля (САК) предназначена для получения количественной информации о различных физических величинах (параметрах), по которым оценивается технологический режим работы объекта автоматизации. Она состоит из объекта управления, контрольно-измерительных приборов, выполняющих функции измерения, и различных устройств для преобразования и хранения полученной информации.

Основные задачи САК:

- измерение технологических параметров (это значения величин, характеризующие состояние объекта);
- сравнение полученных значений с регламентами и аварийными границами;
- регистрация параметров и отклонений от заданных значений;
- сигнализация аварийных и регламентных отклонений.

Основные понятия системы автоматического контроля (САК) химических производств:

- **Объект управления.** Это управляемый технологический процесс вместе с оборудованием, в котором он осуществляется.
- **Датчик.** Измеряет значение контролируемого параметра объекта и преобразует его в сигнал, удобный для усиления и передачи.
- **Усилитель.** Усиливает слабый сигнал, поступающий от датчика, до уровня, достаточного для воздействия на исполнительный элемент.
- **Измерительное устройство.** Посредством него фиксируется результат измерения.
- **Формирователь.** Включает датчики, генераторы стимулов, коммутаторы и различные преобразователи. Выдает первичную измерительную информацию о техническом состоянии объекта контроля.
- **Классификатор.** На основе поступивших от формирователя сигналов указывает на принадлежность технического состояния объекта контроля к соответствующему классу состояний.
- **Информатор.** Объединяет индикаторные и регистрирующие устройства, элементы самоконтроля и поиска неисправностей в САК. Выдает итоговую информацию о техническом состоянии объекта контроля в виде сведений о значениях контролируемых параметров, их отклонениях от номинальных значений, инструкций по устранению неисправностей и т. п.
- **Диспетчер.** Представляет собой управляющую часть САК и выдаёт управляющие сигналы на все остальные части. Управление производится на основе соответствующей программы и внутренних сигналов, поступающих с формирователя, классификатора и информатора.
- **Первичный преобразователь.** Измерительное устройство, установленное на объекте измерения, преобразует контролируемую величину в выходной сигнал, удобный для передачи по каналу связи.
- **Чувствительный элемент (ЧЭ)** — датчик, обеспечивающий преобразование контролируемого параметра в электрический сигнал — управляющее воздействие.
- **Усилительный элемент (УЭ)** — служит для усиления слабых сигналов ЧЭ до уровня, достаточного для нормальной работы последующих элементов.
- **Индикаторный элемент (ИЭ)** — устройство, преобразующее управляющее воздействие в визуально воспринимаемую информацию о состоянии объекта контроля.
- **Задающий элемент (ЗЭ)** — датчик, позволяющий фиксировать особые состояния объекта контроля.
- **Индикатор особых состояний объекта контроля (ИОС)** — устройство, сигнализирующее об особых состояниях объекта контроля.
- **Нормирующие преобразователи (нормализаторы).** Устройства, преобразующие сигналы от датчиков в сигналы унифицированных диапазонов.

Система автоматического управления (САУ) — совокупность технических средств по управлению значением регулируемого параметра, в которой вычислительные и логические операции осуществляются с помощью специального технического устройства — автоматического регулятора, программируемого контроллера или компьютера.

Основная задача САУ — управление работой технических устройств и агрегатов или протекающими в них технологическими процессами без участия человека.

Некоторые основные понятия системы автоматического управления (САУ) химических производств:

- **Объект управления.** Это техническая установка, оборудование или технологическая цепь установок, физико-химические процессы, которыми управляют с помощью специальных технических средств.

- **Технологические параметры.** Это физико-химические величины, характеризующие состояние технологического процесса в объекте управления. Например: температура, давление, частота вращения и др.
- **Регулируемый параметр.** Это технологический параметр, значением которого управляют с помощью специальных технических средств.
- **Параметры состояния объекта.** Выходные величины, объективные показатели объекта в заданный момент времени.
- **Регулятор.** Устройство, которое на основе ошибки регулирования вычисляет управляющее воздействие.
- **Исполнительный механизм.** Устройство, предназначенное для перемещения регулирующего органа.
- **Регулирующий орган.** Устройство, предназначенное для воздействия непосредственно на параметры объекта.

7. Системы автоматического регулирования (САР)

Системы автоматического регулирования (САР) химических производств — это функционирующая в замкнутом контуре общность программно-технических устройств, которые поддерживают требуемый уровень стабильности расхода, давления, температуры, уровня, концентрации в условиях сложного протекания любых физико-химических процессов, подверженных внешним возмущениям.

Основные элементы САР:

- **Задающее устройство.** Служит для задания желаемого значения регулируемой величины.
- **Приёмное устройство** (или чувствительный элемент). Предназначается для измерения действительного значения регулируемой величины.
- **Устройство сравнения.** Сравнивает измеряемое значение регулируемой величины с её заданным значением.
- **Усилительное устройство.** Усиливает слабый сигнал, поступающий из устройства сравнения, до величины, достаточной для приведения в действие исполнительного устройства регулятора.
- **Исполнительное устройство.** Служит для перемещения регулирующего органа.
- **Корректирующее устройство.** Предназначено для улучшения динамических характеристик САР.

Классификация САР по функциональному признаку:

- **Стабилизирующие САР.** Поддерживают регулируемую величину на заданном значении. Основная задача — компенсация возмущающих воздействий. Пример — регулирование уровня.
- **Следящие САР.** Изменяют регулируемую величину таким образом, чтобы она зависела от другой величины. Пример — регулирование соотношения реагентов, подающихся в реактор, системы наведения.
- **Программные САР.** Изменяют регулируемую величину в соответствии с заданным заранее законом изменения — программой. Применяются в основном в управлении периодическими процессами.

Классификация по энергетическому признаку: в зависимости от вида энергии, используемой для передачи воздействий, используются электрические или электронные, пневматические, гидравлические и комбинированные САР.

8. Процессы

Процессы химических производств включают химическую переработку сырья, основанную на сложных по своей природе химических и физико-химических явлениях.

Основу большинства химических производств составляют следующие процессы:

1. **Гидромеханические.** Связаны с переносом импульсов в жидкостных и газовых потоках. К ним относятся разделение и получение жидких и газовых неоднородных систем, транспортировка жидкости и газов, осаждение взвешенных частиц.
2. **Тепловые.** Связаны с переносом теплоты. К данному виду процессов относятся нагревание или охлаждение, конденсация паров, кипение, выпаривание.
3. **Массообменные.** Лежат в основе очистки газов и жидкости. Массообменные процессы связаны с переносом компонентов исходной смеси из одной фазы в другую. К ним относятся дистилляция (разделение жидких смесей), адсорбция (избирательное поглощение газов, жидкостей адсорбентами, то есть твёрдыми веществами), абсорбция (поглощение газов и паров жидкими веществами), кристаллизация (образование кристаллов), жидкостная экстракция (разделение смесей путём избирательного растворения другими жидкостями).
4. **Химические.** Связаны с изменением свойств и превращением веществ.

По организационно-технической структуре процессы делятся на периодические и непрерывные.

Процессы химических производств можно классифицировать по разным признакам:

- **По способу организации.** Периодические (в аппараты загружаются исходные материалы через определённые промежутки времени), непрерывные (загрузка исходных материалов и выгрузка конечного продукта происходит одновременно и непрерывно), комбинированные.
- **В зависимости от изменения параметров процесса во времени.** Стационарные (параметры не меняются) и нестационарные (параметры меняются).
- **По количеству участвующих фаз.** Гомо- и гетерогенные процессы.
- **В зависимости от числа компонентов в системе.** Одно- и многокомпонентные процессы.

Некоторые типовые процессы химических производств:

- **Абсорбция.** Поглощение газов жидкостями с образованием растворов (получение кислот, улавливание продуктов нефтепереработки).
- **Адсорбция.** Поглощение газов и жидкостей твёрдыми поглотителями (очистка газов, улавливание летучих растворителей).
- **Перегонка жидких смесей.** Дистилляция (простое разделение) и ректификация (многократный процесс) основаны на испарении летучих жидкостей и конденсации. Разделение осуществляется за счёт разных температур кипения компонентов смеси.
- **Пиролиз.** Термическая переработка горючих материалов для доступа воздуха (крекинг, коксование).
- **Полимеризация.** Химическое соединение молекул мономера в одну макромолекулу полимера.
- **Экстрагирование.** Избирательное растворение, применяется для очистки различных продуктов.
- **Диспергирование.** Рассеивание одного вещества в другом (производство паст).
- **Эмульгирование.** Получение эмульсий, систем, состоящих из двух несмешивающихся жидкостей.

9. Управление

Управление химическим производством состоит из нескольких уровней, каждый из которых относится к определённому технологическому процессу, этапу производства, отдельно взятой продукции.

Управление химическими производствами включает в себя ряд задач, для решения которых используются различные системы:

- **Автоматизация технологических процессов.** Позволяет точно соблюдать параметры технологического процесса, контролировать оборудование, выбросы пара и вредных веществ.
- **Автоматизация технического обслуживания и ремонта.** Помогает своевременно проводить регламентные работы, чтобы предотвратить выход оборудования из строя.
- **Диспетчеризация производства.** В MES-системах сосредотачивается вся информация о текущем состоянии производственного процесса, отслеживаются сбои, движение сырья, загрузка технологического оборудования.
- **Планирование производства.** ERP-системы позволяют аккумулировать информацию по всем подразделениям, учитывать все существующие на предприятии ресурсы, осуществлять стратегическое планирование, анализировать результаты для дальнейшей оптимизации бизнес-процессов.
- **Управление рецептурами.** Позволяет точно контролировать состав продукции, минимизировать ошибки и обеспечить соответствие стандартам качества.
- **Управление качеством.** Система предоставляет инструменты для мониторинга и анализа качества на всех этапах производства, что позволяет своевременно выявлять и устранять возможные отклонения.

Например, для управления химическими производствами может использоваться система 1С, которая позволяет интегрировать все этапы производства, начиная от закупки сырья и заканчивая отгрузкой готовой продукции.

Некоторые задачи управления:

- точное соблюдение параметров технологического процесса, контроль оборудования, выбросов пара и вредных веществ;
- экономия расхода сырья, снижение энергетических затрат;
- обеспечение безопасности, уменьшение влияния человеческого фактора;
- обеспечение непрерывности процесса по всей производственной цепочке и синхронизация операций;
- управление документооборотом, финансовыми потоками, закупками, сбытом;
- повышение точности оперативного планирования работы производства, рациональное управление загрузкой технологических линий, своевременное обеспечение сырьём;
- повышение эффективности производства, снижение затрат ресурсов;
- снижение риска нарушения сроков выпуска продукции;
- повышение прозрачности производственных процессов.

10. Сигналы

Сигналы в процессах химической технологии — это **физико-химические параметры, характеризующие процесс:** температура, давление, концентрация.

Некоторые сигналы, используемые в химических производствах:

- **Аналитический сигнал.** Это видимые изменения в объекте исследования (образование осадка, изменение окраски и т. д.) или изменение параметров измерительных приборов (отклонение стрелки прибора, изменение цифрового отсчёта, появление линии в спектре и пр.).
- **Сигналы газоанализаторов.** Стационарные газоанализаторы устанавливаются с целью автоматического контроля паров вредных газов и сигнализацией при превышении ПДК. В случаях превышения порога срабатывания система подаёт сигналы как звуковые и световые, так и команды на исполняющие механизмы, внешние системы оповещения (включение аварийной вентиляции, уведомления ответственных сотрудников и т. д.).

- **Сигналы анемометров.** Позволяют оценить скорость потока воздуха с оценкой его качества, определить уровень влажности, давления, температуры и уровень задымлённости.

Некоторые виды сигналов на химических производствах:

- **Предупредительная сигнализация.** Предназначена для оповещения обслуживающего персонала об отклонениях параметров процесса, свидетельствующих о возникновении предаварийного режима. Оператор при получении такого сигнала должен срочно принять меры, предотвращающие аварию.
- **Аварийная сигнализация.** Оповещает о недопустимых значениях параметров процесса или об аварийном отключении какого-либо аппарата технологической схемы. Обычно аварийные сигналы подают мигающим светом и звуками резкого тона, так как требуется немедленное вмешательство оператора в ход процесса.
- **Сигнализация положения (состояния).** Указывает на состояние объектов (включены или выключены) и положение запорных органов (открыты или закрыты) в данный момент.
- **Командная (командно-переговорная) сигнализация.** С помощью световых или звуковых сигналов передают различные указания с одного поста управления на другой. Например, с её помощью на рабочие места вызывают наладчиков, ремонтников.

Простые устройства сигнализации построены на базе контактных приборов (манометров, термометров и т. п.). При достижении параметром заранее установленного значения в приборе замыкается контакт, и включается сигнальная лампа или звонок.

Некоторые сигналы, используемые на химических производствах:

- **Сигнал «Химическая тревога».** Подаётся в случае химической аварии для оповещения населения о необходимости принять меры защиты от отравляющих и сильнодействующих ядовитых веществ.
- **Сигналы газоаналитического оборудования.** Стационарные системы газового контроля обеспечивают круглосуточную безопасность и мгновенно реагируют на превышение концентрации токсичного газа, что позволяет своевременно принять меры по ликвидации утечки. Также существуют переносные индивидуальные газоанализаторы, которые обеспечивают персональную защиту сотрудников от вредных газов.
- **Сигналы систем теплового мониторинга.** Они непрерывно с высоким разрешением сканируют большие площади сложных установок и позволяют выявлять проблемы на ранней стадии, в том числе небольшие всплески аномальной температуры.

11. Исполнительные механизмы

Исполнительные механизмы химических производств — это устройства, которые выполняют действия на основе сигналов от контроллера.

По виду потребляемой энергии исполнительные механизмы можно разделить на следующие группы:

- **Электрические,** использующие для своего действия электрическую энергию. В зависимости от типа исполнительного элемента их делят на электромагнитные и электродвигательные.
- **Пневматические,** использующие энергию сжатого воздуха или газа.
- **Гидравлические,** использующие энергию жидкости.
- **Исполнительные механизмы, использующие энергию паров воды или легкокипящей жидкости** (паровые механизмы).
- **Исполнительные механизмы, использующие энергию газов, образующихся при взрыве** (механизмы взрывного действия).

- **Исполнительные механизмы, использующие потенциальную энергию падающего груза или сжатой пружины** (грузовые и пружинные исполнительные механизмы).

Некоторые типы исполнительных механизмов химических производств:

- **Электромеханические приводы.** Перемещают клапаны, задвижки, заслонки и другие элементы оборудования.
- **Пневматические приводы.** Используют сжатый воздух для перемещения элементов оборудования.
- **Гидравлические приводы.** Используют гидравлическую жидкость для перемещения элементов оборудования.

Также в машинах-автоматах химических производств используются **рычажные, кулачковые, зубчатые и винтовые механизмы**. Например, **коленно-рычажные** применяются, когда необходимо создать значительное усилие на рабочем органе при малой величине движущей силы.

Ещё один тип исполнительных механизмов—**клиновые**. Они осуществляют замыкание пресс-форм при изготовлении изделий из пластмасс и резины.

12. Датчики

Некоторые датчики, используемые на химических производствах:

- **Датчики измерения уровня pH.** Позволяют определять водородный показатель водных сред различной кислотности.
- **Датчики измерения содержания растворённого кислорода.** Измеряют растворённый в водной среде кислород в виде микроскопических пузырьков, расположенных между молекулами воды. Чувствительным элементом датчика является гальваническая ячейка, состоящая из двух различных металлов.
- **Датчики электропроводности.** Позволяют быстро и довольно точно произвести замеры удельной проводимости водных растворов, в которых отсутствуют механические примеси и кристаллизирующие соединения. Чувствительный элемент датчика состоит из двух пробников, которые необходимо помещать в среду измерения.
- **Датчики температуры.** Измеряют температуру в жидкостях, воде, паре, кислоте и других агрессивных средах. Например, датчик температуры для кислоты TOPCV-1/TOPCVE-1 типа Pt100/Pt500/Pt1000 с диапазоном измерений от 0 до 100 °С.

Также в химической промышленности используются **газоанализаторы** для контроля в воздухе рабочей зоны предельно допустимых концентраций токсичных веществ, дозрывных концентраций взрывоопасных газов и паров, избытка или недостатка кислорода, а также для контроля газов в технологических процессах.

13. Каналы связи

Каналы связи в химических производствах обеспечивают передачу вещества или энергии или информацией между элементами (внутренние связи) и между отдельными системами (внешние связи) и бывают **материальными, энергетическими и информационными**:

- **Материальные связи** — потоки сырья, вспомогательных материалов, продуктов и отходов.
- **Энергетические связи** — потоки топлива, хладагентов и теплоносителей.
- **Информационные связи** — это связи, обеспечивающие управление системой.

Некоторые виды каналов связи:

- **Последовательно-обводная технологическая связь (байпас).** Сырьё, поступившее на переработку, разделяется на два потока. Один поток последовательно проходит через все ступени, а второй смешивается с продуктами,

выходящими из первой ступени, и полученная смесь направляется в следующую ступень.

- **Параллельные технологические связи.** Применяются для увеличения производительности и мощности химико-технологической системы без увеличения мощности отдельных аппаратов. В этом случае поток реагентов разделяется на ряд параллельных потоков, каждый из которых поступает в соответствующий реактор. Потоки, выходящие из реакторов, объединяются затем в один общий поток.
- **Последовательное соединение операторов.** Весь технологический поток, выходящий из предыдущего элемента, поступает полностью в последующий элемент, при этом через каждый элемент схемы поток проходит лишь один раз.
- **Параллельное соединение операторов.** Технологический поток разделяется на несколько более мелких потоков, поступающих в различные элементы системы. Выходящие из этих элементов потоки могут объединяться в один поток или выходить из системы раздельно. Через каждый элемент поток проходит один раз.
- **Обводное соединение элементов.** Это ряд последовательно соединённых аппаратов, через которые проходит лишь часть технологического потока. Другая часть потока обходит один или несколько аппаратов и затем соединяется с основной частью потока.
- **Обратное соединение операторов (рецикл).** Характеризуется наличием в цепи последовательно соединённых элементов хотя бы одного обратного потока. В отличие от ранее рассмотренных схем это замкнутая система.

Для обеспечения надёжной связи в химических производствах используются высоконадёжные и помехоустойчивые каналы связи, например, оптоэлектронные.

14. Типы автоматических систем

Для управления используются различные системы, например:

- **Системы автоматизации технологических процессов.** Обеспечивают протекание процессов в заданных режимах, позволяют регулировать состав используемого сырья в соответствии с рецептурой, поддерживать нужный температурный режим, соблюдать последовательность смешивания ингредиентов, обеспечивать быструю реакцию систем безопасности при возникновении нештатных ситуаций.
- **MES-системы.** В них сосредотачивается вся информация, которая характеризует текущее состояние производственного процесса, отслеживаются сбои, движение сырья, загрузка технологического оборудования. Это позволяет полностью контролировать ситуацию на производстве и своевременно реагировать на какие-либо изменения.
- **ERP-системы.** Позволяют аккумулировать информацию по всем подразделениям, учитывать все существующие на предприятии ресурсы, осуществлять стратегическое планирование, анализировать результаты для дальнейшей оптимизации бизнес-процессов.
- **Системы оперативного планирования (APS).** В числе преимуществ внедрения таких решений — быстрый анализ больших объёмов данных, увеличение скорости принятия решений, улучшение качества планирования, повышение точности прогнозов.
- **SCADA-системы.** Автоматизированные системы управления технологическими процессами и системы диспетчерского управления и сбора данных.
- **Системы противоаварийной защиты (ПАЗ).** Работают параллельно и независимо от основной системы автоматизированного управления технологическими процессами (АСУ ТП), дублируя её на особо ответственных участках. ПАЗ предотвращает развитие аварийных ситуаций, вплоть до аварийного (безопасного) останова процесса.

- **Системы автоматизации технического обслуживания и ремонта.** Помогают своевременно проводить регламентные работы, чтобы предотвратить выход оборудования из строя.
- **Локальные системы управления.** Представляют самый низший уровень иерархии АСУТП. Их задача — поддерживать заданные значения режимных параметров в отдельных аппаратах (давление, температура, уровень, состав целевого продукта).

Список используемых источников информации

1. Автоматизированные системы управления технологическими процессами
http://moodle.spsu.ru/pluginfile.php/59238/mod_resource/content/1/%D0%90%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D1%8B%20%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F%20%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%BC%D0%B8%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D1%81%D1%81%D0%B0%D0%BC%D0%B8.pdf
2. Технология <https://ivctl.ru/o-kompanii/blog/struktura-asu-tp/>
3. ХИМИЯ-2025 <https://www.chemistry-expo.ru/ru/articles/avtomatizaciya-proizvodstvennyh-processov/>
4. Автоматизация химической промышленности
<https://adeptik.com/blog/avtomatizaciya-khimicheskoy-promyshlennosti/>
5. Студенческий научный форум - 2023 <https://scienceforum.ru/2023/article/2018032372>
6. Готовые примеры автоматизированных систем управления технологическими процессами <https://reallab.nt-rt.ru/images/manuals/asu.pdf>
7. Учебное пособие для студентов заочной формы обучения по дисциплине «Автоматизация технологических процессов и производств»
[file:///C:/Users/Futura/Downloads/\[Kuzmenko_N.V.\]_Avtomatizaciya_tehnologicheskikh_pr\(libcats.org\).pdf](file:///C:/Users/Futura/Downloads/[Kuzmenko_N.V.]_Avtomatizaciya_tehnologicheskikh_pr(libcats.org).pdf)
8. Научный журнал «Успехи современного естествознания» <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=8014>
9. Научный журнал Фундаментальные исследования <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=39195>
10. Трёхуровневое строение систем промышленной автоматизации <https://www.nordwesttool.ru/statyi/stroenie-sistem-avtomatiki/>
11. Подход SCADA в АСУТП
12. <https://ukonf.com/doc/mon.2023.07.01.pdf>
13. Метрологическое обеспечение химических предприятий
<https://cyberleninka.ru/article/n/metrologicheskoe-obespechenie-himicheskikh-predpriyatiy>
14. Методические указания метрологическое обеспечение количественного химического анализа. Основные положения РД 50-674-88
15. <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/d82/4293849926.pdf>
16. Метрологические основы аналитической химии
<https://ohranatruda.ru/upload/iblock/d82/4293849926.pdf>
17. Основы метрологии физико-химических измерений и химического анализа
18. <http://www.anchem.ru/literature/books/chemmetr.pdf>
19. Метрологическая обработка результатов химического анализа
20. https://ietn.susu.ru/wp-content/uploads/2017/07/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F-%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%BA%D0%B0-%D1%80%D0%B5%D0%B7%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%B2-%D1%85%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BE-%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%B8%D0%B7%D0%B0_2015.pdf

21. Файловый архив студентов. Файловый архив студентов.
22. <https://studfile.net/preview/15340808/>
23. Автоматизированные системы управления химико-технологическими процессами
24. https://portal.tpu.ru/SHARED/v/VILNINA/uch_rabota/Tab/%D0%9B%D0%9A1.pptx
25. Теоретическая часть лекционного курса «Основы автоматизации технологических процессов ОМД»
http://info.levandovskiy.info/wp-content/uploads/2018/01/%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B8_%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BD_%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%B8%D0%B0%D0%BD%D1%82-01-2018.pdf
26. Система автоматического контроля. Лекция 5.
<https://www.ektu.kz/files/DistanceEducation/Resource/394850/%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%205.docx>
27. Журнал «ИСУП» Отраслевой научно-технический журнал
28. <https://isup.ru/>
29. Общие сведения о системах автоматического регулирования <https://studizba.com/lectures/inzhenerija/avtomatizacija-sudovyh-jenergeticheskikh-ustanovok/35482-obschie-svedenija-o-sistemah-avtomaticheskogo-regulirovanija.html>
30. Измерение технологических параметров <https://project2425235.tilda.ws/glava2>
31. РУБИКИ
https://ru.ruwiki.ru/wiki/%D0%A5%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F
32. Основные процессы и аппараты химической промышленности
https://ru.ruwiki.ru/wiki/%D0%A5%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F
33. Знания. Вики.
https://znanierussia.ru/articles/%D0%A5%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%BE-%D1%82%D0%B5%D1%85%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D1%86%D0%B5%D1%81%D1%81
34. Управление химическим производством https://www.usu.kz/2/upravlenie_himicheskim_proizvodstvom.php
35. Интегрированные автоматизированные системы управления химическими производствами и предприятиями <https://urait.ru/book/integrirovannye-avtomatizirovannye-sistemy-upravleniya-himicheskimi-proizvodstvami-i-predpriyatiyami-543880>
36. Автоматизация химических производств в 1С:ERP <https://axiont.ru/blog/korporativnoe-upravlenie/avtomatizatsiya-khimicheskikh-proizvodstv-v-1s-erp/>
37. Современные наукоёмкие технологии <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=22860>
38. Методы аналитической химии
https://www.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/org_structura/instit_fakul_kaf_shkoly/ips/no_vye_vozmozhnosti_dlya_kazhdogo/materialoved_term_obr_i_met_issl_met_i_spl/tema4_i_5/metody_analitich_himii.pdf
39. Газприборы <https://gazpribors.ru/help/articles/gazoanalizatory-dlya-khimicheskoy-promyshlennosti/>

40. Физико-химические методы анализа. Лекция 3.
https://portal.tpu.ru/SHARED/s/SHAGALOV/KNU/2015/Tab3/%D0%A4%D0%A5%D0%9C%D0%90/%D0%A4%D0%A5%D0%9C%D0%90_%20%D0%9B%D0%9A-3.pdf
41. Контроль вредных веществ в воздухе
https://www.kipkonsalt.ru/GANK-4_14.09.2021_PREVIEW.pdf
42. Промышленная безопасность химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей отрасли <https://rteco.ru/khimicheskaya-promyshlennost/promyshlennaya-bezopasnost-khimicheskoy-neftekhimicheskoy-i-neftepererabatyvayushchej-otrasli>
43. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности
<https://djvu.online/file/9M4FcDo6zXgD3>
44. Пожарная безопасность химически-опасных производств и объектов хранения <https://ervist.ru/support/publikatsii/item/320-pozharnaya-bezopasnost-himicheskii-опасnyh-proizvodstv-i-obektov-hraneniya.html>
45. ПРИБОРЭНЕРГО <https://xn--90aefk0afdbjdc7m.xn--p1ai/press/avtomatizaciya-himicheskikh-proizvodstv/>
46. Электрические исполнительные механизмы
<https://portal.astu.org/pluginfile.php/17493/course/overviewfiles/%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D1%87%D0%BA%D0%B0%20%D0%9C%D0%B0%D0%B2%D1%80%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0%28%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80.%D0%B8%D1%81%D0%BF%D0%BB.%D0%BC%D0%B5%D1%85.%29.doc?forcedownload=1>
47. Основы механизации. Лекции.
<https://elib.belstu.by/bitstream/123456789/12050/4/konspekt-lekcii.pdf>
48. Приборотехника <https://www.rospribor.com/catalog/dathimc/>
49. Химико-технологическая система, ее состав и структура <https://helpiks.org/6-57898.html>
50. Понятие химико–технологической системы. Лекция 3 https://moodle.kstu.ru/pluginfile.php/367563/mod_folder/content/0/%D0%9F%D0%9D%D0%9E%D0%92%20%D0%9B3%2C%D0%9B4%2021.pdf
51. Основы проектирования химических производств
https://moodle.kstu.ru/pluginfile.php/609884/mod_resource/content/1/%D0%9A%D0%BE%D1%81%D0%B8%D0%BD%D1%86%D0%B5%D0%B2%20%D0%92.%20%D0%98.%20-%20%D0%9E%D1%81%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D1%8B%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F%20%D1%85%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D1%85%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B8%D0%B7%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B2.pdf