

Основные понятия и определения

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

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

ТОУ - технологический объект управления - совокупность технологического оборудования и реализуемого на нем технологического процесса.

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

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

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

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

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

АСУ ТП отличается от локальных САР:

- более совершенной организацией потоков информации;
- практически полной автоматизацией процессов получения, обработки и представления информации;
- возможностью активного диалога оперативного персонала с УВМ в процессе управления для выработки наиболее эффективных решений;
- более высокой степенью автоматизации функций управления, включая пуск и остановку производства.

От систем управления автоматическими производствами типа цехов и заводоавтоматов (высшая ступень автоматизации) АСУ ТП отличается значительной степенью участия человека в процессах управления.

Переход от АСУ ТП к полностью автоматическим производствам сдерживается:

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

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

В большинстве случаев глобальная цель разбивается на ряд частных целей; для достижения каждой из них требуется решение более простой задачи управления.

Функцией АСУ ТП называют действия системы, направленные на достижение одной из частных целей управления.

Частные цели управления, как и реализующие их функции, находятся в определенном соподчинении, образуя функциональную структуру АСУ ТП.

Функции АСУ ТП:

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

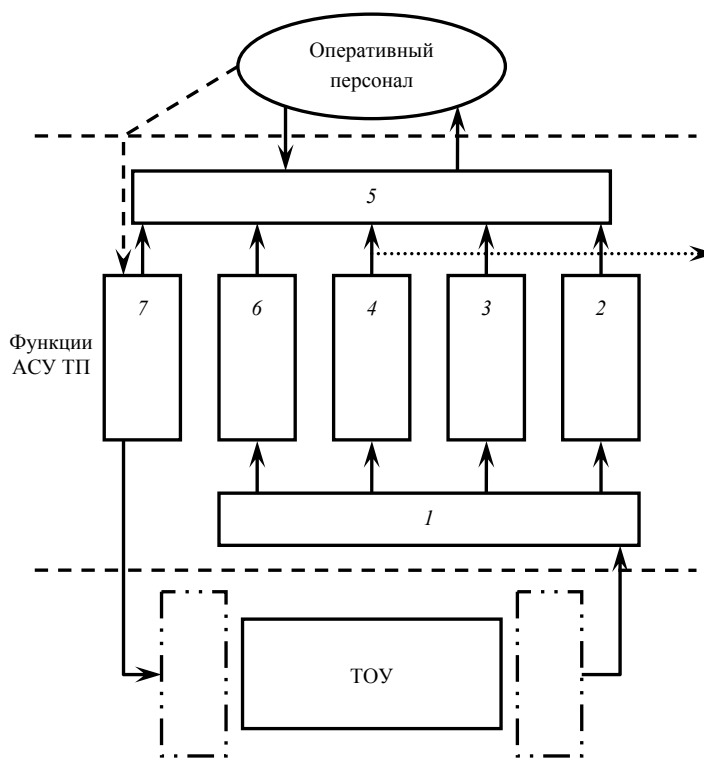


Рис. 1. Типовая функциональная структура АСУ ТП.

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

6. Обмен информацией с оперативным персоналом.
7. Обмен информацией со смежными и вышестоящими АСУ.

Управляющие функции обеспечивают поддержание экстремальных значения критерия управления в условиях изменяющейся производственной ситуации, они делятся на две группы:

первая – определение оптимальных управляющих воздействий;

вторая – реализация этого режима путем формирования управляющих воздействий на ТОУ (стабилизация, программное управление; программно-логическое управление).

Вспомогательные функции обеспечивают решение внутрисистемных задач.

Для реализации функций АСУ ТП необходимы:

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

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

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

В комплекс ТС многих АСУ ТП входят механические средства автоматизации из состава электрической ветви ГСП.

Специфическим компонентом КТС является УВК, в состав которого входят собственно вычислительный комплекс (ВК), устройства связи ВК с объектом (УСО) и с оперативным персоналом.

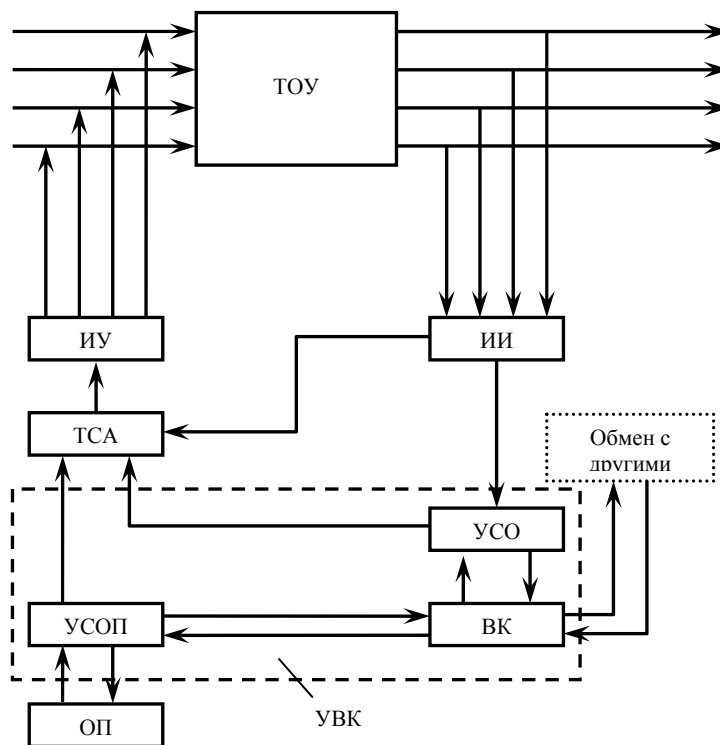


Рис. 2. Техническая структура КТС АСУ ТП для работы в супервизорном режиме.

Техническая структура КТС АСУ ТП в режиме непосредственного цифрового управления:

ИИ – источник информации; УСО – устройство связи с объектом; ВК – вычислительный комплекс; УСОП – устройство связи с оперативным персоналом; ОП – оперативный персонал; ТСА – технические средства автоматизации для реализации функций локальных систем; ИУ – исполнительные устройства.

Первым и до сих пор распространенным типом технических структур АСУ ТП является централизованная. В системах с централизованной структурой вся информация, необходимая для управления АТК, поступает в единый центр - операторский пункт, где установлены практически все технические средства АСУ ТП, за исключением источников информации и исполнительных устройств. Такая техническая структура наиболее проста и имеет ряд преимуществ.

Недостатками её являются:

- необходимость избыточного числа элементов АСУ ТП для обеспечения высокой надежности;
- большие затраты кабеля.

Такие системы целесообразны для сравнительно небольших по мощности и компактных АТК.

В связи с внедрением микропроцессорной техники всё большее распространение получает распределённая техническая структура АСУ ТП, т.е. расчленённая на ряд автономных подсистем - локальных технологических станций управления, территориально распределённых по технологическим участкам управления. Каждая локальная подсистема представляет собой однотипно выполненную централизованную структуру, ядром которой является управляющая микро-ЭВМ.

Локальные подсистемы через свои микро-ЭВМ объединены в единую систему сетью передачи данных.

К сети подключается необходимое для управления АТК число терминалов для оперативного персонала.

Программное обеспечение АСУ ТП связывает все элементы распределённой технической структуры в единое целое, обладающее рядом достоинств:

- возможностью получения высоких показателей надёжности за счёт расщепления АСУ ТП на семейство сравнительно небольших и менее сложных автономных подсистем и дополнительного резервирования каждой из этих подсистем через сеть;
- применение более надежных средств микроэлектронной вычислительной техники;

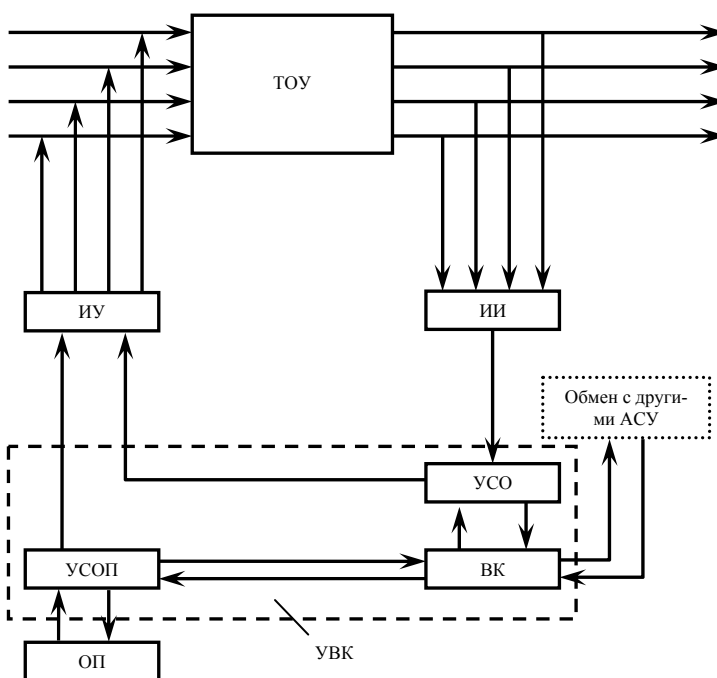


Рис. 3. Техническая структура КТС АСУ ТП для работы в режиме непосредственного цифрового управления.

- большой гибкостью при композиции и модернизации технического и программного обеспечения и т.д.

Большинство функций АСУ ТП реализуются программно, поэтому важнейшим компонентом АСУ ТП является её программное обеспечение (ПО), т.е. совокупность программ, обеспечивающих реализацию функций АСУ ТП.

Программное обеспечение АСУ ТП делится:

- общее;
- специальное.

Общее ПО поставляется в комплекте со средствами вычислительной техники.

Специальное ПО разрабатывается при создании конкретной АСУ ТП и включает программы, реализующие её информационные и управляющие функции.

Программное обеспечение создается на базе математического обеспечения (МО). МО – совокупность математических методов, моделей и алгоритмов для решения задач и обработки информации с применением вычислительной техники.

Для реализации информационных и управляющих функций АСУ ТП создают специальное МО, в состав которого входят:

- алгоритм сбора, обработки и представления информации;
- алгоритмы управления с математическими моделями соответствующих объектов управления;
- алгоритмы локальной автоматизации.

Все взаимодействия как внутри АСУ ТП, так и с внешней средой представляют собой различные формы информационного обмена, необходимы массивы данных и документов, которые обеспечивают при эксплуатации АСУ ТП выполнение всех её функций.

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

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

Оперативный персонал АСУ ТП состоит из технологов-операторов, осуществляющих управление ТОУ, эксплуатационного персонала, обеспечивающего функционирование АСУ ТП (операторы ЭВМ, программисты, персонал по обслуживанию аппаратуры КТС).

Оперативный персонал АСУ ТП может работать в контуре управления или вне него.

При работе в контуре управления ОП реализует все функции управления или часть их, используют рекомендации по рациональному управлению ТОУ, выработанные КТС. Такой режим функционирования АСУ ТП называют информационно - советующим.

Если оперативный персонал работает вне контура управления, он задаст АСУ ТП режим работы и осуществляет контроль за его соблюдением. В этом случае, зависимости от состава КТС, АСУ ТП может функционировать в двух режимах:

- комбинированном (супервизорном);
- в режиме непосредственного цифрового управления, при котором УВК непосредственно воздействует на исполнительные устройства, изменяя управляющие воздействия на ТОУ.

Создание АСУ ТП включает пять стадий:

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

На стадии ТЗ основным этапом являются *предпроектные научно-исследовательские работы* (НИР), обычно выполняемые научно-исследовательской организацией совместно с предприятием-заказчиком. Главная задача предпроектных НИР – изучение технологического процесса как объекта управления. При этом определяют цель и критерии качества функционирования ТОУ, технико-экономические показатели объекта-прототипа, их связи с технологическими показателями; структуру ТОУ, т. е. входные воздействия (в том числе контролируемые и неконтролируемые возмущающие воздействия, и управляющие воздействия), выходные координаты и связи между ними; структуру математических моделей статики и динамики, значения параметров и их стабильность (степень стационарности ТОУ); статистические характеристики возмущающих воздействий.

Наиболее трудоемкая задача на этапе предпроектных НИР – построение математических моделей ТОУ, которые в дальнейшем используют при синтезе АСУ ТП. При синтезе локальных АСР обычно используют линеаризованные модели динамики в виде линейных дифференциальных уравнений 1 – 2-го порядка с запаздыванием, которые получают обработкой экспериментальных или расчетных переходных функций по разным каналам воздействия. Для решения задач оптимального управления статическими режимами используют конечные соотношения, полученные из уравнений материального и энергетического баланса ТОУ, или уравнения регрессии. В задачах оптимального управления динамическими режимами используют нелинейные дифференциальные уравнения, полученные из уравнений материального и энергетического баланса, записанных в дифференциальной форме.

При выполнении предпроектных НИР применяют методы анализа систем автоматического управления, изучаемые в дисциплине «Теория автоматического управления», и методы построения математических моделей, которые излагаются в курсе «Моделирование на ЭВМ объектов и систем управления».

Результаты, полученные на этапе предпроектных НИР, используют на этапе *эскизной разработки АСУ ТП*, в ходе которого выполняются следующие работы:

- выбор критерия и математическая постановка задачи оптимального управления ТОУ, ее декомпозиция (при необходимости) и выбор методов решения глобальной и локальных задач оптимального управления, на основе которых в дальнейшем строят алгоритм оптимального управления;
- разработка функциональной и алгоритмической структуры АСУ ТП;
- определение объема информации о состоянии ТОУ и ресурсов ВК (быстродействие, объем запоминающих устройств), необходимых для реализации всех функций АСУ ТП;
- предварительный выбор КТС, прежде всего УВК;
- предварительный расчет технико-экономической эффективности АСУ ТП.

Центральное место среди работ этой стадии занимает математическая постановка задачи оптимального управления ТОУ.

Остальные задачи данного этапа (кроме расчета технико-экономической эффективности) относятся к системотехническому синтезу АСУ ТП, при выполнении которого широко применяют метод аналогий. Накопленный опыт разработки АСУ ТП для ТОУ различной степени сложности позволяет перевести разработку ряда функций и алгоритмов из категории научных работ в категорию технических, выполняемых проектным путем. К их числу относятся многие информационные функции (первичная обработка исходной информации, расчет ТЭП, интегрирование и усреднение и др.), а также типовые функции локальных систем автоматизации, реализуемые в АСУ ТП программным способом (сигнализация, противоаварийная блокировка, регулирование с использованием типовых законов при НЦУ и др.).

Завершающим этапом эскизной разработки АСУ ТП является *предварительный расчет технико-экономической эффективности* разрабатываемой системы. Выполняют его специалисты по экономике, однако исходные данные для них должны подготовить специалисты по автоматизации, поэтому рассмотрим некоторые узловые моменты.

Основным показателем экономической эффективности АСУ ТП служит годовой экономический эффект от ее внедрения, который рассчитывают по формуле

$$\mathcal{E} = (C_2 - S_2) - (C_1 - S_1) - E_n(K_2 - K_1),$$

где C_1 и C_2 – годовые объемы реализации продукции в оптовых ценах до и после внедрения АСУ ТП, тыс. руб.; S_1 и S_2 – себестоимость продукции до и после внедрения системы, тыс. руб.; K_1 и K_2 – капитальные затраты на АТК до и после ввода в действие АСУ ТП, тыс. руб.; E_n – нормативный отраслевой коэффициент эффективности капитальных вложений в средства автоматизации и вычислительную технику, руб/руб.

Основными источниками экономической эффективности систем автоматизации химико-технологических процессов обычно являются прирост объема реализации продукции и (или) снижение ее себестоимости. Улучшение этих экономических показателей чаще всего достигается за счет уменьшения расхода сырья, материалов и энергии на единицу продукции благодаря более точному поддержанию оптимального технологического режима, повышению

качества продукции (сортности и, соответственно, цены), увеличению производительности оборудования за счет сокращения потерь рабочего времени из-за неплановых остановок процесса, вызванных ошибками управления и др. На этапе предпроектных НИР должны быть выявлены резервы производства, которые могут быть использованы благодаря применению системы автоматизации.

Например, если при использовании локальной системы автоматизации технологический агрегат простаивает в среднем 20 % планового рабочего времени, из которых 1/4 вызвана ошибками оперативного персонала из-за несвоевременного обнаружения пред аварийных ситуаций, то применение АСУ ТП, реализующей функции прогноза и анализа производственных ситуаций, может устранить эти потери. Тогда объем выпускаемой продукции в натуральном исчислении возрастет на 5 %, что приведет к увеличению объема реализации и снижению себестоимости продукции.

Накопленный опыт автоматизации химических производств показал, что резервы экономической эффективности, которые могут быть использованы благодаря автоматизации технологических процессов, обычно составляют от 0,5 до 6 %. При этом, чем лучше отработана технология, тем, как правило, меньше резервы.

Однако не все выявленные (потенциальные) резервы экономической эффективности могут быть использованы после внедрения АСУ ТП. Фактическая эффективность оказывается меньше потенциальной из-за не идеальности АСУ ТП, которая проявляется, в частности, в неполной адекватности математической модели ТОУ, по которой рассчитывается оптимальный режим, в погрешностях измерения выходных координат объекта, которые также влияют на точность определения оптимального режима, в отказах элементов технического и программного обеспечения, из-за которых снижается качество выполнения отдельных функций и АСУ ТП в целом и т. д. Реальный эффект обычно составляет от 25 до 75 % потенциального, причем, как правило, чем больше потенциальный эффект, тем в меньшей степени он реализуется. Основным показателем технико-экономической эффективности АСУ ТП является срок окупаемости системы, который определяется по формуле

$$T_{ok} = \frac{K_2 - K_1}{(C_2 - S_2) - (C_1 - S_1)}.$$

Он должен быть не больше нормативного, который для химической промышленности равен 3 годам.

Завершающей стадией первого этапа создания АСУ ТП является разработка технического задания на проектирование системы, которое должно включать полный перечень функций, технико-экономическое обоснование целесообразности разработки АСУ ТП, перечень и объем НИР и план-график создания системы.

При разработке нетиповых АСУ ТП на первый этап приходится примерно 25 % общей трудоемкости, в том числе на предпроектные НИР–15 %. При тиражировании АСУ ТП первая стадия может быть исключена или значительно уменьшена.

Следующим этапом создания нетиповой АСУ ТП является разработка *технического проекта*, в ходе которой принимаются основные технические решения, реализующие требо-

вания технического задания. Работы на этом этапе выполняют научно-исследовательская и проектная организации.

Основным содержанием НИР является развитие и углубление предпроектных НИР, в частности, уточнение математических моделей и постановок задач оптимального управления, проверка с помощью имитационного моделирования на ЭВМ работоспособности и эффективности алгоритмов, выбранных для реализации важнейших информационных и управляющих функций АСУ ТП. Уточняются функциональная и алгоритмическая структуры системы, прорабатываются информационные связи между функциями и алгоритмами, разрабатывается организационная структура АСУ ТП.

Очень важным и трудоемким этапом на стадии ТП является разработка специального программного обеспечения системы. По имеющимся оценкам, трудоемкость создания специального ПО была близка к общему объему предпроектных НИР и составляла 15 % от общих трудозатрат на создание АСУ ТП.

На стадии ТП окончательно выбирают состав КТС и выполняют расчеты по оценке надежности реализации важнейших функций АСУ ТП и системы в целом. Общие затраты труда на проектирование составляют примерно 30 % от затрат на создание АСУ ТП.

На стадии внедрения АСУ ТП производятся монтажные и пуско-наладочные работы, последовательность и содержание которых изучаются в соответствующем курсе. Трудозатраты на этой стадии составляют около 30% от общих затрат на систему.

При разработке головных образцов АСУ ТП, подлежащих в дальнейшем тиражированию на однотипных ТОУ, важное значение имеет анализ функционирования системы, в ходе которого проверяют эффективность решений, принятых при ее создании, и определяют фактическую технико-экономическую эффективность АСУ ТП.

Любое химическое производство представляет последовательность трёх основных операций:

1. подготовка сырья;
2. собственно химическое превращение;
3. выделение целевых продуктов.

Эта последовательность операций включается в единую сложную химико-технологическую систему (ХТС).

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

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