

## Тема 22. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

1. Задачи, функции и структура АСУТП
2. Классификация АСУТП
3. Виды обеспечения АСУТП

### 1. ЗАДАЧИ, ФУНКЦИИ И СТРУКТУРА АСУТП

Автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУТП) — это человеко-машинная система управления, обеспечивающая автоматизированный сбор и обработку информации, необходимой для оптимизации управления технологическим объектом в соответствии с принятым критерием.

За критерий управления АСУТП принимают соотношение, характеризующее качество функционирования технологического объекта управления (ТОУ) в целом и принимающее конкретные числовые значения в зависимости от используемых управляющих воздействий.

Главной задачей большинства АСУТП является получение определенных технико-экономических результатов: повышение производительности труда; снижение затрат живого труда и трудоемкости производства; экономия энергетических ресурсов, вспомогательных материалов, тары и т. п.; обеспечение безопасности функционирования объекта; повышение или стабилизация качества выпускаемой продукции или обеспечение заданных значений параметров готовых изделий; достижение оптимальной загрузки оборудования; оптимизация режимов работы технологического оборудования. При постановке задач оптимизации наряду с критериями должны быть заданы ограничения на все параметры и переменные технологического процесса, т. е. допустимые изменения, которые определяют функционирование технологического процесса. Достижение поставленных задач осуществляется реализацией функций.

**Функциональная структура** — это структура, элементами которой являются функции АСУТП, а связи между элементами определяют информационно-логическую последовательность и подчиненность реализации этих функций.

Обобщенная функциональная структура АСУТП показана на рис. 1, она иллюстрирует организацию работы АСУТП.



Рис. 1. Обобщенная функциональная структура АСУТП

Функции АСУТП следует отличать от функций, выполняемых всем комплексом технических средств системы или его отдельными устройствами. Они могут быть управляющими, информационными и вспомогательными.

**Управляющие функции АСУТП** — это выработка и реализация управляющих воздействий на ТОУ. Управляющие функции реализуются процедурами блока формирования управляющих воздействий, в котором в соответствии с заложенными алгоритмами и инструкциями формируются управляющие решения и соответствующие воздействия на ТОУ и блок задания в целях максимизации или минимизации критерия оптимальности. Сформированные управляющие воздействия реализуются на ТОУ исполнительными органами.

**Информационные функции АСУТП** — это функции системы по сбору, обработке и предоставлению информации о состоянии ТОУ оператору или на последующую обработку в блок формирования управляющих воздействий. В процессе обработки информации выполняются операции суммирования, сглаживания, вычисления косвенных показателей, которые не могут быть определены непосредственно при контроле сопоставления текущих значений параметров технологического процесса с заданными. Одновременно могут осуществляться подготовка и передача информации в смежные системы управления, обобщение результатов и прогноз состояния ТОУ и технологического оборудования. Отличительной особенностью управляющих и информационных функций АСУТП является их направленность на конкретного потребителя.

**Вспомогательные функции** обеспечивают решение внутрисистемных задач. В отличие от управляющих и информационных функций АСУТП, вспомогательные функции не имеют потребителя вне системы и предназначены для обеспечения собственного функционирования.

Из предыдущего следует, что ТОУ и АСУТП функционируют совместно. Совокупность ТОУ и АСУТП образует автоматизированный технологический комплекс (АТК).

Общее в функциональной структуре АСУТП и функциональной схеме системы регулирования то, что в обеих сохраняются основные функции — измерение, сопоставление, вычисление и организация регулирующего (управляющего) воздействия. Однако вследствие необходимости обработки чрезвычайно больших потоков информации, поступающих в ТОУ, сложности этой обработки, применения алгоритмов принятия оптимальных решений, необходимости корректировки совокупности параметров ТОУ АСУТП приобрела качественно новое свойство — обеспечение в соответствии с заданным критерием управления наилучших результатов функционирования всего технологического процесса.

## 2. КЛАССИФИКАЦИЯ АСУТП

АСУТП классифицируют в основном по уровню, занимаемому ТОУ и АСУТП в структуре предприятия; по характеру протекания технологического процесса во времени; по показателю условной информационной мощности ТОУ; по уровню функциональной надежности АСУТП; по типу функционирования АСУТП.

1) По уровню, занимаемому ТОУ в структуре предприятия, АСУТП делят на три подкласса: АСУТП нижнего уровня (технологические агрегаты, установки, участки); АСУТП верхнего уровня (группы установок, цехи, производства); АСУТП многоуровневые (включают АСУТП нижнего уровня). Число уровней управления определяется масштабностью предприятия, численностью отдельных технологических процессов, их взаимосвязями между собой, структурой производства в целом.

2) По характеру протекания технологического процесса во времени различают:

Н-АСУ непрерывным технологическим процессом, характер протекания — с длительным поддержанием режимов, близких к установившимся, и практически безостановочной подачей сырья и реагентов, что создает хорошие условия для организации непрерывного сбора информации о ТОУ с помощью датчиков и ввода этой информации непосредственно в ЭВМ АСУТП. После обработки информации в ЭВМ принятые решения и соответствующие управляющие воздействия могут непосредственно передаваться из АСУТП на ТОУ;

П-АСУ непрерывно-дискретным технологическим процессом с сочетанием непрерывных и прерывистых режимов функционирования технологических агрегатов или на различных стадиях процесса;

Д-АСУ дискретным технологическим процессом с незначительной продолжительностью технологических операций. Дискретные процессы характеризуются большим числом изделий, информация о которых частично может формироваться и вводиться в АСУТП автоматически от датчиков, а частично — вручную от различных устройств регистрации и ввода информации. После обработки информации и формирования рекомендаций последние передаются непосредственно оперативно-производственному персоналу, который реализует их на ТОУ.

3) По показателю условной информационной мощности в зависимости от числа параметров объекта системы делят на пять групп.

4) По уровню функциональной надежности системы классифицируют на АСУТП с минимальным уровнем (не требует регламента); АСУТП со средним уровнем (с регламентом, но отказы не приводят к остановке работы ТОУ); АСУТП высокого уровня (с жестким регламентом, так как отказы в управлении могут привести к остановке ГОУ или авариям).

5) По типу функционирования системы АСУТП разделяют по совокупности автоматически выполняемых информационных и управляющих функций:

И-АСУТП информационная - автоматически выполняет только информационные функции без вычислительного комплекса, а решение по управлению принимает и реализует оператор;

Л-АСУТП локально-автоматическая с вычислительным комплексом - автоматически выполняет информационные функции и функции локального управления (регулирования). Решения по управлению в целом принимает и реализует оператор;

С-АСУТП советующая с управляющим вычислительным комплексом автоматически - выполняет функции информационные, локального управления и с помощью модели процесса формирует сонеты по выбору управляющих воздействий с учетом критерия;

А-АСУТП автоматическая - выполняет автоматически все функции, включая управление процессом по критерию. В состав системы могут входить вычислительный комплекс, выполняющий функции центрального управляющего устройства (супервизорное управление), и вычислительный комплекс, выполняющий функции прямого цифрового управления.

Информационная И-АСУТП наиболее проста, функциональная структура этой системы показана на рис. 2.

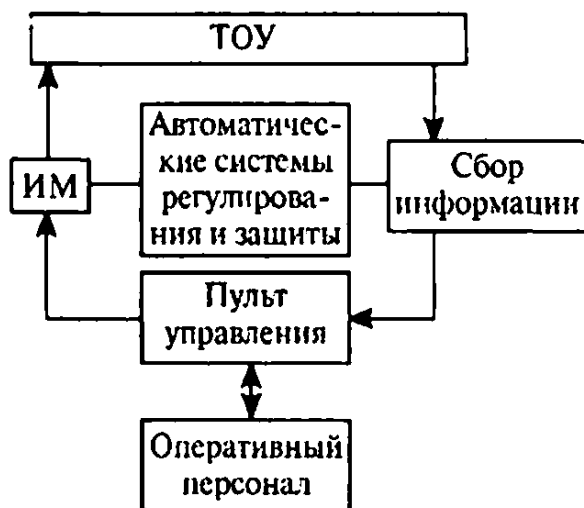


Рис. 2. Функциональная структура АСУТП без вычислительного комплекса

На ТОУ размещены датчики различных технологических параметров, информация от которых поступает либо непосредственно на автоматические системы регулирования и защиты, либо на пульт управления. С пульта управления оператор на основании полученной информации о состоянии технологического процесса подает управляющие воздействия через исполнительные механизмы.

Л-АСУТП, имеющая информационно-вычислительный комплекс (рис. 3), обрабатывает информацию от ТОО и других АСУ, определяет комплексные технологические и технико-экономические показатели, на основании которых оперативный персонал оценивает ход технологического процесса и контролирует состояние и работу оборудования. Данные из информационно-вычислительного комплекса выводятся на пульт управления или передаются в вышестоящую АСУ. Управляющие воздействия направляются с пульта управления и через исполнительные механизмы реализуются в ТОО.

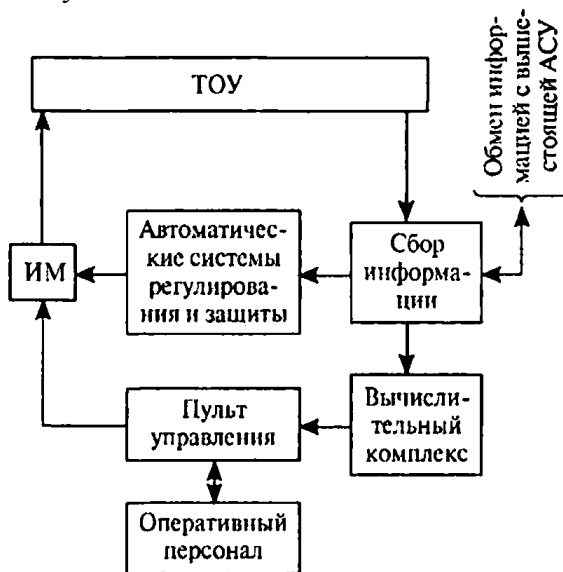


Рис. 3. Функциональная структура АСУТП с вычислительным комплексом, выполняющим информационные функции

С-АСУТП с управляющим вычислительным комплексом в режиме «советчика» имеет аналогичную Л-АСУТП функциональную структуру. Отличие состоит в том, что в вычислительном комплексе С-АСУТП поступающая информация анализируется и оперативному персоналу выдаются решения-советы по управлению ТОО. На оперативный персонал в этих системах возлагаются функции принятия окончательных решений и организации воздействий на ТОО. Эта система эффективна в случаях, когда объект недостаточно изучен, опробуются новые способы управления, учитываются функциональные возможности человека-оператора.

А-АСУТП с вычислительным комплексом, выполняющим функции супервизорного управления, т. е. многопрограммного режима работы вычислительной системы, — это система, в которой вычислительный комплекс включен в замкнутый контур автоматического управления (рис. 4).

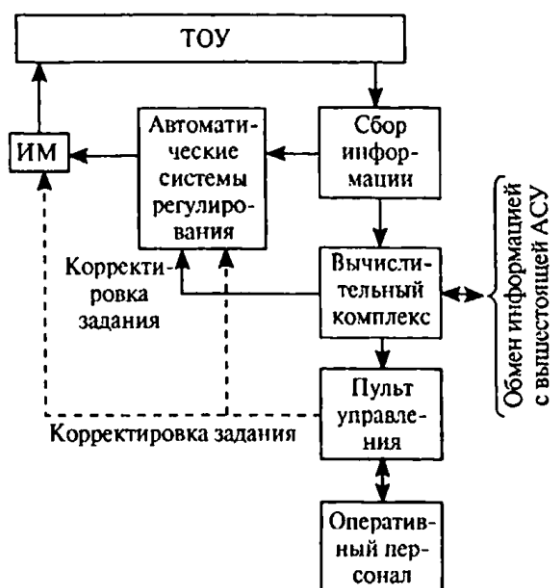


Рис. 4. Функциональная структура АСУТП с вычислительным комплексом, выполняющим функции супервизорного управления

Из функциональной структуры этой системы видно, что на основании поступающей информации и ее обработки вычислительный комплекс формирует в качестве управляющих воздействий задания на контуры автоматического регулирования и непосредственно выставляет их на регуляторах. Роль оперативного персонала в данном случае сводится к контролю функционирования вычислительного комплекса. Оператор вмешивается в ход процесса управления лишь в непредвиденных аварийных ситуациях. Эти системы очень эффективны, так как в стандартных режимах они работают в течение длительного времени автоматически и позволяют вести технологические процессы в режимах, близких к оптимальным.

А-АСУТП с вычислительным комплексом, выполняющим функции непосредственного цифрового управления (системы с непосредственным цифровым управлением), — это система, в которой вычислительный комплекс выполняет функции регуляторов по формированию регулирующих воздействий. По этой схеме регулирующие воздействия передаются непосредственно через исполнительные механизмы на ТОО, регуляторы используют лишь в качестве резерва. Вычислительный комплекс позволяет программно реализовать любой закон регулирования и создает возможности для разработки гибких систем, так как простой сменой программы легко изменить закон регулирования.

При разработке АСУТП можно создать комбинированные типы, в которых реализуются одновременно функции «советчика» и супервизорного управления и т. п. Различные функции могут быть реализованы для различных контуров управления в зависимости от степени их изученности, влияния на ход управляемого технологического процесса.

Применение вычислительных комплексов в АСУТП накладывает определенные ограничения на их производительность. Наилучшие показатели в этом отношении имеют мини-ЭВМ, широко используемые в АСУТП.

Вместе с тем целесообразно классифицировать системы управления по математическому признаку объектов управления, числу контролируемых и управляемых параметров, уровню автоматизации систем управления, принципу управления объектами, степени интеграции.

б) По математическому признаку системы управления могут быть разделены на программно-логические, системы оптимального управления (оптимизационные) и оперативно-диспетчерские.

В иерархических системах управления технологическими процессами наиболее часто встречаются различные сочетания перечисленных математических признаков объектов управления.

Системы управления, функционирование объектов которых осуществляется по программно-логическим и оперативно-диспетчерским алгоритмам, включают двухуровневые системы. На нижнем уровне этих систем управление отдельными машинами, агрегатами или технологическими линиями осуществляется по программно-логическому алгоритму с условным или безусловным переходом, а на верхнем уровне решаются задачи по алгоритмам оперативно-диспетчерского характера.

Например, в цехе убоя скота и разделки туш управление транспортными системами линии убоя, отдельными машинами и механизмами при соответствующем уровне их механизации может осуществляться по алгоритмам программно-логического управления. Управление процессом подготовки скота для убоя, распределение трудовых ресурсов по отдельным линиям и операциям, корректировка графиков работы отдельных линий, распределение ремонтного персонала в случае поломки или аварии осуществляются на верхнем уровне с помощью алгоритмов оперативно-диспетчерского управления.

Другим примером систем управления этого класса являются системы управления жестяно-баночного производства консервного завода.

Системы управления, которые функционируют одновременно по программно-логическим, оптимизационным и оперативно-диспетчерским алгоритмам, отличаются от других систем тем, что на верхнем уровне решаются задачи оперативно-диспетчерского управления, а на нижнем — оптимизационного и программно-логического.

Одноуровневые системы управления не имеют аппаратной, или жесткой, информационной связи с управляющей системой среднего уровня. В комплекс технических средств одноуровневых систем входят в основном микропроцессоры, аналоговые или цифровые регуляторы. Такие

системы управляют отделением приемки мясных туш на холодильнике, стерилизатором непрерывного действия, отделением посола и созревания колбасного фарша, складом готовой продукции.

Двухуровневые системы управления координируют работу ряда объектов нижнего уровня, охватывающих всю технологическую линию, цех или производство. Характерной особенностью их является то, что, объединяя все системы нижнего уровня в единую, они не имеют жесткой информационной связи с АСУТП. Примером двухуровневой системы управления является АСУТП цеха розлива молочных продуктов, охватывающая процессы розлива, хранения и реализации готовой продукции, но не имеющая непосредственной связи с АСУТП завода.

Наибольший эффект от функционирования систем управления может быть получен в том случае, когда разработку технологического оборудования и АСУ ведут взаимосвязано, как для единого комплекса.

## 2. ВИДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ АСУТП

Выполнение возложенных на АСУТП функций обеспечивается взаимодействием технического, математического, информационного, организационного обеспечения и оперативного персонала.

**Техническое обеспечение АСУТП** — комплекс технических средств (КТС), предназначенных для обеспечения работы автоматизированной системы управления. Этот комплекс представляет собой совокупность вычислительных и управляющих устройств; средств преобразования, отображения и регистрации сигналов; устройств передачи и обработки сигналов и данных; исполнительных устройств, достаточных для выполнения всех функций АСУТП.

Для выполнения функциональных структур АСУТП необходимо иметь следующее техническое обеспечение:

1) вычислительные комплексы с устройствами связи с объектом — совокупностью устройств получения и преобразования сигналов контроля и управления, коммутации каналов передачи сигналов и исполнительных устройств;

2) автоматические регуляторы, первичные преобразователи (датчики), вторичные приборы и исполнительные механизмы — традиционные локальные средства автоматизации;

3) устройства связи оперативного персонала с техническими средствами автоматизированного технологического комплекса (АТК), включающие устройства отображения информации, регистраторы, пульты ручного ввода информации, пульты управления.

В зависимости от типа АСУТП, масштаба ГОУ и комплексов задач управления используют вычислительные машины. Наибольшее применение получили микроЭВМ, которые могут успешно работать в составе различных агрегатов, машин, средств передачи данных, приборов, существенно повышая их эффективность.

**Совокупность программ** для реализации целей и задач автоматизированной системы управления обеспечивает функционирование комплекса технических средств АСУ. Каждая программа представляет собой инструкцию для вычислительной машины о последовательности действий для получения требуемого результата. Программа определяет, какие данные необходимы и как их получить, какие операции с этими данными выполнить и куда направить полученный результат. Машинные и специальные программы разрабатывают на основе математического обеспечения, представленного в виде алгоритмов.

Машинные программы управляют каналами ввода-вывода информации; преобразование информации, поступающей от внешних устройств в коды УВК, и обратное преобразование сигналов при выводе; обнаружение неисправностей в устройствах ввода-вывода; предоставление обслуживающему персоналу информации о характере неисправности и т. д.

Специальные программы предназначены для выполнения вычислительных операций и специального преобразования информации. Большую часть специальных программ разрабатывают с использованием библиотеки стандартных программ, поставляемых в качестве дополнительного программного обеспечения технических средств АСУТП. Специальные программы формируются на языке, принятом для выбранного комплекса технических средств

АСУТП, и размещаются в устройствах хранения информации УВК. Последовательность запуска этих программ определяется системной диспетчер-программой.

**Математическое обеспечение АСУ** — это совокупность математических методов, модулей и алгоритмов для решения задач и обработки информации с применением вычислительной техники в АСУ. Математическое обеспечение является основой для создания программного обеспечения.

Математическое обеспечение состоит из нескольких частей:

1) математическое обеспечение для организации сбора и обработки текущей информации о состоянии ТООУ — алгоритмы опроса датчиков технологического процесса, периферийных устройств, определения требуемых обобщенных характеристик и показателей отдельных параметров технологического процесса или их совокупностей;

2) математическое обеспечение для вычисления и анализа критерия управления АСУТП, технико-экономических показателей, которое оценивает эффективность управления процессом на основании текущих данных о ТООУ и устанавливает направление дальнейшей организации вычислительного процесса с целью определения управляющих воздействий, повышающих эффективность АСУТП;

3) математическое обеспечение отдельных объектов и технологического процесса в целом — оптимальные значения технологических параметров аппаратов, машин, агрегатов, процесса; оптимальные решения по оперативному управлению процессом; оптимальные значения параметров локальных систем автоматизации технологического процесса, а также корректировка математических моделей в ходе самого процесса.

**Информационное обеспечение** — это совокупность систем классификации и кодирования технико-экономической информации и унифицированных систем документации и массивов информации.

По направлению и содержанию сообщений информационные потоки подразделяются на исходные и управляющие. Первые направлены от технологического процесса к пунктам управления, от пунктов управления нижнего уровня к центральному диспетчерскому пункту (ЦДП), от диспетчера ЦДП к руководству завода. Вторые — потоки информации между пунктами управления, связанными по технологии.

Главная задача информационного обеспечения — поиск и выдача искомой информации. Каждый информационный объект задается или кодируется набором признаков или свойств этих объектов. Каждый признак должен иметь определенное значение для однозначного описания объекта. Система кодирования информации подчинена требованиям агрегатной системы программного обеспечения.

Каждому параметру задач сбора и обработки информации присваивается код, или имя, содержащее пять символов. Два первых означают имя (тип) установки (объекта и т. д.), которой принадлежит данный параметр. Имя установки может содержать не более двух символов. Третий символ условно понимается как тип параметра (например, Т — температура, Д — давление и т. д.). Два последних символа — двузначное число, обозначающее порядковый номер этого параметра в данном объекте.

Информационный массив представляет собой совокупность информационных таблиц, в которой каждая таблица соответствует некоторому определенному типу объектов. Связь таблиц осуществляется в виде отсылочных адресов. Набор информационных массивов составляет базу данных. Данные информационных массивов делят на данные временного характера, показывающие состояние ТООУ и входящие в динамический массив, и данные постоянного характера, предоставляющие нормативно-справочную информацию и входящие в статический массив.

Наилучшая форма организации информационного обеспечения — банк данных, который включает совокупность баз данных, специальные языковые средства, комплексы управляющих, обрабатывающих и служебных программ. Программы банка данных обеспечивают ввод-вывод информации, санкционированный доступ в банк данных для пользователей и защиту информации, сбор статистики об использовании информации.

Необходимо при создании банков данных обеспечить общность информации для всех подпрограмм АСУТП, возможность использования данных оперативным и обслуживающим персоналом.

Информация вводится в информационную базу АСУТП автоматически от датчиков или вручную операторами с терминалов. Для ввода информации в ЭВМ разрабатывают специальные подпрограммы, при работе с которыми все источники информации опрашиваются с учетом дисциплины приоритетов. При готовности информации о состоянии опрашиваемого объекта она вводится в информационную базу АСУТП.

Для нормального и своевременного принятия решений достоверная и в соответствующем объеме информация предоставляется оператору в необходимый момент времени с требуемой периодичностью.

Исходя из этого разработаны формы выходных документов, получаемых от печатающих устройств системы, и формы предоставления информации на экране дисплея в виде мнемонических изображений участков.

По виду и частоте предоставления информации используют следующие формы выходных документов: «Режимный лист» (ежечасно), «Оперативный рапорт работы за смену» (ежесменно), «Оперативный рапорт работы за сутки» (ежесуточно), «Сводные показатели работы завода» (ежесуточно).

Оперативный персонал АСУ управляет ТОУ в составе автоматизированного технологического комплекса (АТК) и действует в соответствии с организационным обеспечением.

**Организационное обеспечение АСУ** — это обеспечение инструкциями и регламентами оперативного персонала АСУТП.