

Автоматизация химико-технологических процессов

Андрей Владимирович Гаврилов, доцент

V-241, andr_gavrilov@yahoo.com

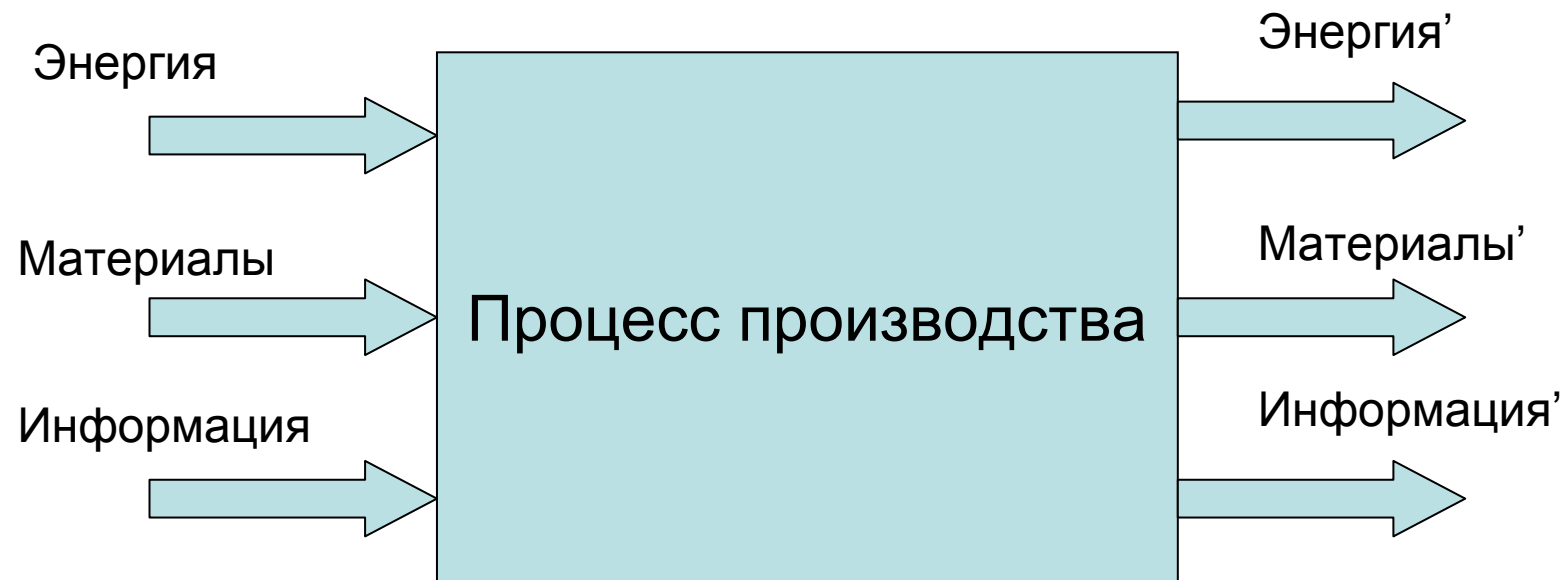
<http://www.insycom.ru>

Лекция 1. Введение

Содержание дисциплины

- Лекции
 - Основные понятия автоматизации процессов (АСУТП и АСУП)
 - Связь с объектом при автоматизации химико-технологического процесса (датчики и исполнительные устройства)
 - Примеры SCADA-систем для разработки АСУТП
 - Методы ИИ в управлении технологическими процессами
 - Основы проектирования автоматических систем управления химико-технологическими процессами
- Лабораторные работы
 - Инструментарий для автоматизации технологических процессов (TraceMode, Genesis32, Labview, ...), инструментарий для создания экспертных систем (ESWin)
- РГР
 - Подготовка презентации и выступление с докладом о какой-либо системе автоматизации конкретного технологического процесса
 - Разработка экспертной системы в ESWin для управления каким-либо технологическим процессом

Автоматизация производства



Виды производств

- Непрерывное
 - Требуется регулировать расход, давление, температуру, напряжение, перемещение подвижных элементов и пр. величины во всех их диапазонах изменений
- Дискретное
 - Требуется регулировать переменные величины с дискретным количеством состояний, например, вкл. или откл. клапанов, задвижек, пускателей и т.п.

- *Производственный процесс* — это совокупность действий, необходимых для выпуска готовых изделий из полуфабрикатов или связанных с функционированием производственного подразделения.
- *Технологический процесс* — это совокупность действий, связанных с обеспечением требуемых выходных параметров данного процесса.
- Технологический процесс является основной частью производственного процесса, поэтому можно говорить о наличии технологического процесса у любого подразделения данной производственной системы независимо от того, выполняет ли оно основные или вспомогательные функции по отношению к так называемому основному продукту производства.

Виды управления

- Управление технологическим процессом (АСУТП)
- Управление предприятием (АСУП)
 - АСУТП + автоматизация управления запасами, финансами, кадрами, маркетингом + документооборот

АСУП

Автоматизированная система управления предприятием (АСУП) — это система управления, построенная на основе применения средств вычислительной техники, экономико-математических методов и информационных технологий. Автоматизация управления направлена прежде всего на интеграцию, которая в современных производственных системах является одним из наиболее важных свойств.

АСУП состоит, в свою очередь, из **подсистем**. Цель разбиения АСУП на подсистемы — выделение крупных неоднородных элементов для упрощения процессов проектирования, внедрения и эксплуатации АСУП. Все подсистемы принято делить на две группы — **функциональные** и **обеспечивающие** подсистемы.

АСУП (2)

Функциональные подсистемы выделяются в соответствии с управленческими функциями, осуществляемыми на предприятии. В АСУ промышленным предприятием входят следующие подсистемы: управление технической подготовкой производства, основным производством, вспомогательным производством, материально-техническим снабжением, технико-экономическим планированием производства, бухгалтерским учетом, сбытом, кадрами, качеством выпускаемой продукции и услуг, финансами.

Обеспечивающие подсистемы предназначены для обеспечения решения комплекса задач функциональных подсистем. В состав обеспечивающих входят подсистемы технического, информационного, математического, программного и организационного обеспечения.

АСУП (3)

Подсистема **технического обеспечения** представляет собой комплекс технических средств, в который входят средства вычислительной техники, оборудование для организации локальных сетей и подключения к глобальным сетям, устройства регистрации, накопления и отображения информации.

Подсистема **информационного обеспечения** включает в свой состав внешнее информационное обеспечение в виде входных и выходных документов (в том числе и в электронном виде), используемых при решении функциональных задач, и внутреннее, ориентированное на организацию базы данных предприятия.

Подсистема **математического обеспечения** включает математические методы, модели, алгоритмы, используемые при решении задач управления.

АСУП (4)

Подсистема **программного обеспечения** включает системное программное обеспечение, прикладные программы для решения задач управления, а также другие программы, используемые на предприятии.

Организационное обеспечение состоит из набора правил, инструкций, положений и других документов, регламентирующих функционирование АСУП.

АСУТП

- **Автоматизация технологического процесса** – это совокупность методов и средств, предназначенная для реализации системы или систем, позволяющих осуществлять **управление производственным процессом без непосредственного участия человека**
 - не только управление
 - в технологическом процессе может присутствовать человек, в том числе, если технологические процессы относятся к организациям

Цели автоматизации технологического процесса

- Повышение эффективности
производственного процесса
– оптимизация
- Повышение безопасности
производственного процесса

Цели достигаются путем:

- Улучшения качества регулирования
- Повышения коэффициента готовности оборудования
- Улучшения эргономики труда операторов процесса

Решение задач путем:

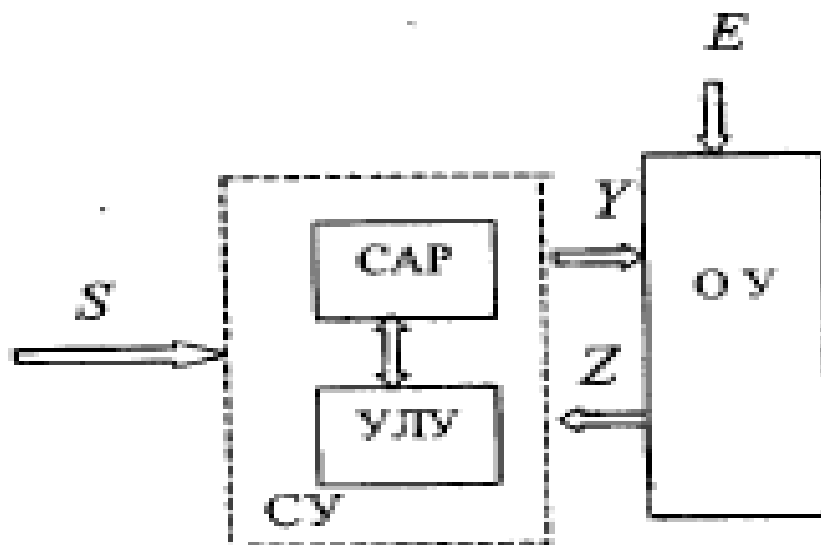
- Внедрения современных методов автоматизации
 - Методов автоматического регулирования
 - Методов оптимизации;
 - Методов визуализации;
 - Методов искусственного интеллекта.
- Внедрения современных средств автоматизации
 - Конкретной SCADA-системы;
 - Конкретных современных датчиков;
 - Конкретных контроллеров;
 - Программных средств ИИ (экспертных оболочек, оболочек для работы с нейронными сетями и т.д.).

В результате **автоматизации технологического процесса**, создаётся **АСУ ТП**

Виды автоматизации ТП

- Автоматизация непрерывных технологических процессов (Process Automation)
- Автоматизация дискретных технологических процессов (Factory Automation)
- Автоматизация гибридных технологических процессов (Hybrid Automation)

Процесс управления объектом



СУ – система управления

ОУ – объект управления

САР – система автоматического регулирования

УЛУ – устройство логического управления

S – состояние технологической среды

Z – информация с датчиков

Y – управляющие воздействия

Гаврилова А.В.,
НГТУ, кафедра АППМ

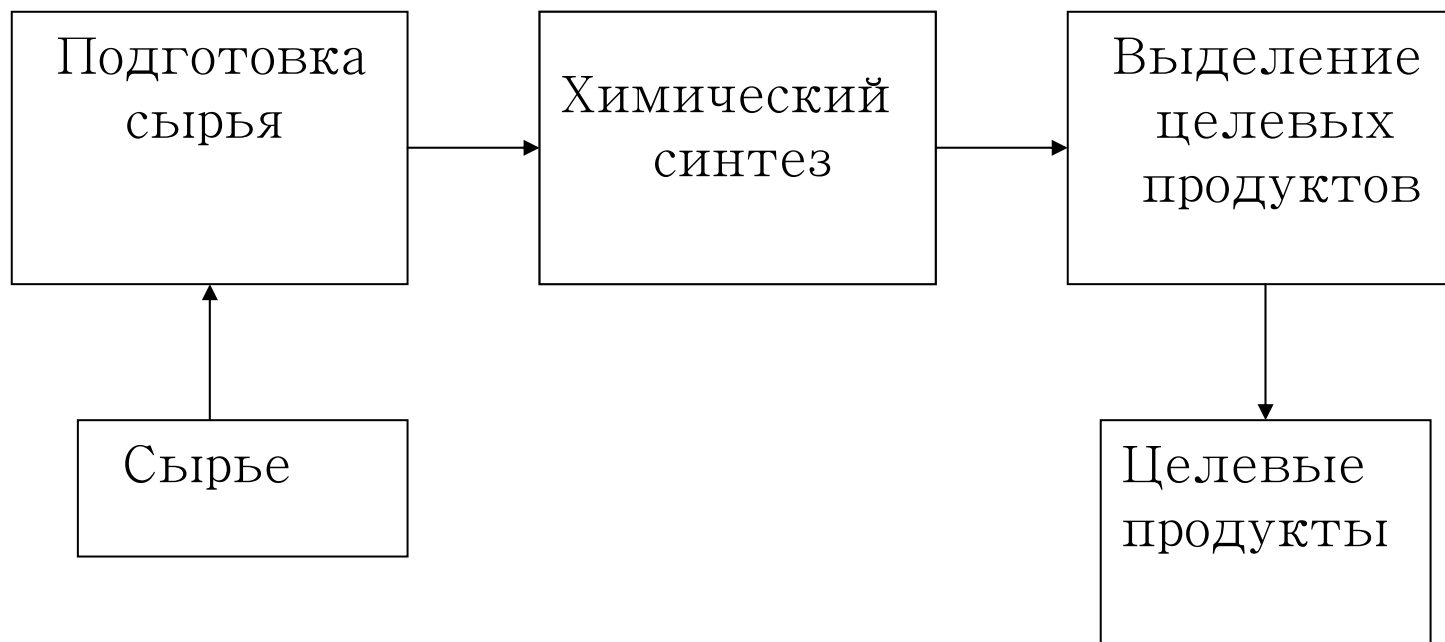
Химико-технологические объекты управления

- **ТОУ** - это совокупность совместно функционирующих технологического оборудования и реализованного на нем технологического процесса.
- **К ТОУ относят** как отдельные технологические **агрегаты и установки**, реализующие локальный технологический процесс, так и целые **производства** (участки, цехи). Существуют «супер-ТОУ» - установки, включающие сотни технологических аппаратов (на нефтеперерабатывающих заводах).

Требования к ТОУ

- Оборудование ТОУ должно быть полностью механизировано и должно безотказно работать в межремонтный период.
- ТОУ должен быть управляем, т.е. разделен на определенные зоны с возможностью воздействия на технологический режим в каждой из них изменением материальных и энергетических потоков.
- Возможность воздействия на характеристики оборудования.
- Возможность доступа обслуживающего персонала к местам установки датчиков, исполнительных механизмов, регулирующих органов.
- Число возмущающих воздействий должно быть сведено к минимуму, что возможно в результате установки: ресиверов; емкостей с мешалками; теплообменников, уменьшающих амплитуду и частоту изменения таких параметров, как **давление, состав, температура**.

Типовая схема технологического производства химических продуктов



Типы ТООУ (по тоннажу и структуре ассортимента)

- **Крупнотоннажные ТООУ** - ориентированные на продукцию конкретной, фиксированной номенклатуры с объемами выпуска: **сотни - десятки тысяч тонн.**
- **Малотоннажные ТООУ** - ориентированные на выпуск продукции разнообразной и быстроменяющейся номенклатуры, с объемами выпуска: **граммы - десятки тонн**

Типы ТОУ (по характеру работы)

- **ТОУ периодического действия** - ТОУ, в которых аппараты (ТО) работают в циклическом режиме, а технологические процессы (ТП) представляют собой последовательность технологических и организационных операций, имеющих конечную продолжительность. Термину «**периодический процесс**», принятому в химической технологии соответствует общесистемный термин «**дискретный процесс**».
- **ТОУ непрерывного действия** - ТОУ, в которых аппараты работают непрерывно, на вход аппарата непрерывно подаются исходные реагенты, на выходе аппарата непрерывно отводятся выходные продукты а технологический процесс ведется в установившемся режиме.
- **ТОУ полунепрерывного действия** - ТОУ, в которых аппараты функционируют непрерывно только в пределах интервала времени, необходимого для переработки конечной порции сырья или промежуточного продукта. В этих пределах в аппараты непрерывно подаются исходные реагенты, а с выходов - непрерывно отводятся продукты. Технологические процессы ведутся в установившемся режиме. Между интервалами времени работы аппараты находятся в режиме ожидания.

Типы ТОУ (по степени важности)

- **Основные ТОУ** - ТОУ для реализации основных технологических процессов производства. К **основным ТОУ** относят процессы и оборудование для реализации стадий подготовки сырья, химического синтеза, разделения и очистки целевых продуктов.
- **Вспомогательные ТОУ** - к вспомогательным ТОУ относят процессы и оборудование для временного хранения исходных реагентов, промежуточных и конечных продуктов, осуществления транспортных операций.

Типы ТОУ (по информационной емкости)

Информационная емкость объекта	Число параметров, участвующих в управлении	Пример ТОУ
Минимальная	10 - 40	Насосная станция Резиносмеситель
Малая	41 - 160	Массообменная Колонна
Средняя	161 - 650	Установка первичной перегонки нефти
Повышенная	651 - 2500	Производство Этилена
Высокая	2500 и выше	Производство Технического углерода

Типы ТООУ (по характеру параметров управления)

- **ТООУ с сосредоточенными параметрами** - ТООУ, в которых регулируемые параметры (в данный момент времени, в разных точках аппарата), имеют одно значение соответствующего параметра.
- **ТООУ с распределенными параметрами** - ТООУ, в которых значения параметров неодинаковы в различных точках объекта в данный момент времени. Большинство процессов химической технологии являются объектами с распределенными параметрами.
- **Пример:** температура и концентрация по высоте ректификационной колонны.

Типы ТОУ (по типу технологического процесса)

- **Гидромеханические процессы** - процессы, осуществляющие перенос количества движения.
- **Тепловые процессы** - процессы переноса энергии в форме теплоты (теплопроводностью, конвекцией, излучением).
- **Массообменные процессы** - процессы перемещения вещества в пространстве за счет разности концентраций.
- **Механические процессы** - процессы переработки твердых материалов под действием механических сил (их измельчение и разделение по фракциям).
- **Химические процессы** - процессы, характеризующие образование новых, отличающихся от исходных по химическому составу или строению, веществ при сохранении общего числа атомов и изотопного состава.

Автоматическое регулирование

- Для оптимального хода технологического процесса некоторые его параметры требуется поддерживать постоянными, а некоторые — изменять по определенному закону.
- При работе того или иного объекта на него воздействуют различные внешние и внутренние возмущающие факторы, нарушающие оптимальный ход технологического процесса.

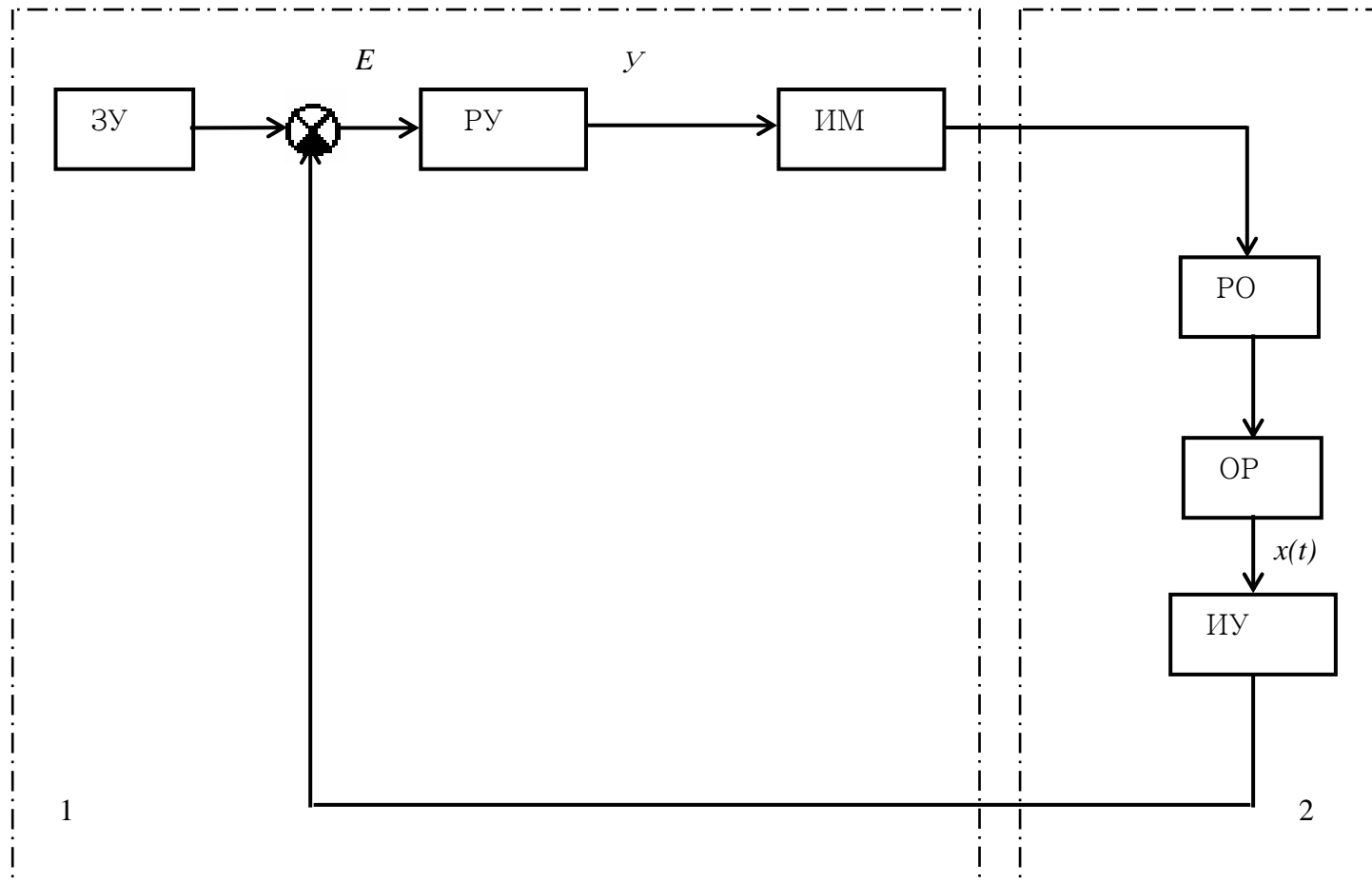
Задачи автоматического регулирования в АСУТП

- поддержание на заданном уровне одного или нескольких технологических параметров. Автоматические системы регулирования (АСР), решающие задачи такого типа, называются системами стабилизации. Примеры таких систем — системы регулирования давления и температуры перегретого пара в котлоагрегатах, числа оборотов в паровых и газовых турбинах и т.п.;
- поддержание соответствия между двумя зависимыми или одной зависимой и другими независимыми величинами. Системы, регулирующие соотношения, называются следящими; к ним относятся, например, автоматические системы регулирования соотношения “топливо-воздух” в процессе подачи топлива или соотношения “расход пара-расход воды” при питании котлов водой;
- изменение регулируемой величины во времени по определенному закону. Эти системы называются системами программного регулирования.
- Кроме перечисленных, существуют также экстремальные (поисковые) автоматические системы, обеспечивающие максимальную эффективность функционирования технологического объекта

Состав САР

- объект регулирования (ОР), характеризующийся регулируемой величиной $x(t)$;
- измерительное устройство (ИУ), измеряющее регулируемую величину и преобразующее ее в форму, удобную для дистанционной передачи;
- задающее устройство (ЗУ), из которого поступает сигнал $g(t)$, определяющий заданное значение или закон изменения регулируемой величины;
- суммирующее устройство (СУ), в котором действительное значение регулируемой величины $x(t)$ сравнивается с ее требуемым значением $g(t)$ и выявляется отклонение $=g(t)-x(t)$;
- регулирующее устройство (РУ), вырабатывающее при поступлении на его вход отклонения регулирующее воздействие, которое необходимо подать на объект регулирования для устранения этого отклонения;
- исполнительный механизм (ИМ), который усиливает регулирующее воздействие и преобразует его в форму, пригодную для воздействия на объект регулирования;
- регулирующий орган (РО). Исполнительные механизмы являются унифицированными, и из-за огромного многообразия объектов регулирования они часто не могут непосредственно воздействовать на регулируемую величину, поэтому это воздействие передается через специальный регулирующий орган, обычно встраиваемый в ОР;
- линии связи, через которые сигналы передаются от элемента к элементу (кабели и провода для электрических сигналов и медные, стальные или пластмассовые трубопроводы диаметром 4-20 мм для пневматических и гидравлических сигналов).

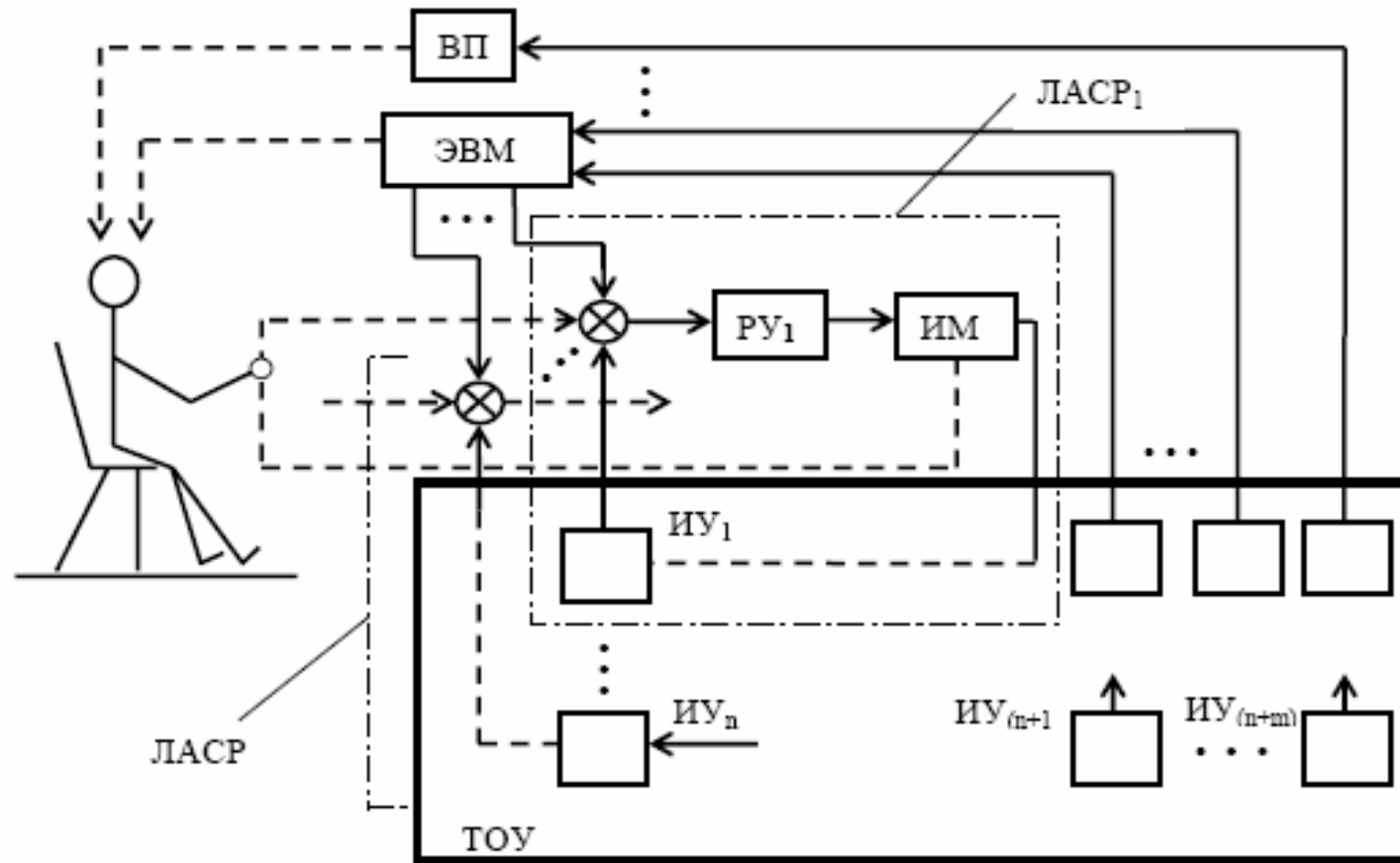
Структурная схема автоматической системы регулирования (АСР). Одноконтурная АСР



АСУТП

- В АСУ ТП, кроме различных АСР, входят
 - Устройства технологического контроля,
 - Устройства защиты,
 - Устройства блокировки
 - Устройства дистанционного управления отдельными ИМ и РО,
- Технологический контроль и дистанционное управление в этих системах в отличие от АСР осуществляются по разомкнутым каналам.

Структурная схема автоматизированного технологического комплекса (АТК)



ЛАСР – локальные АСР; ВП – вторичный измерительный прибор;
 ТОУ – технологический объект управления; n и m – количества
 ЛАСР и каналов измерения соответственно

Каналы управления объектом:

- объект - регулятор - объект. В этом канале регулятор сравнивает значение регулируемой величины с заданным и по отклонению вырабатывает регулирующие воздействия на объект, т.е. по этому каналу АТК является обычной локальной АСР;
- объект - ЭВМ - регулятор - объект. В этом канале информация от объекта сначала обрабатывается в ЭВМ, и на регулятор подается управляющее воздействие по корректировке его задания. Такой канал управления применяется в ВП тех случаях, когда в результате обработки исходной информации в ЭВМ выявляется технически оптимальное и практически реализуемое решение о необходимости корректировки хода технологического процесса. В этом случае цепочка “ЭВМ-регулятор” функционально представляет собой экстремальный регулятор, постоянно обеспечивающий оптимальный ход технологического процесса. Эти каналы могут также работать в режиме обычных ЛАСР;
- объект - ЭВМ - человек - регулятор - объект. Этот канал управления используется в АТК для случаев, когда обработанная ЭВМ информация не дает возможности однозначно принять решение по корректировке управляющего воздействия на объект. В этом случае ЭВМ выдает информацию и предложения по принятию мер, а окончательное решение о корректировке хода технологического процесса в данной ситуации принимает человек. По этому каналу система является не автоматической, а автоматизированной, т.к. замыкается через человека;
- объект - ЭВМ - человек. По этому каналу ЭВМ выдает на верхний уровень различную учетно-отчетную информацию.

Основные поставщики систем автоматизации технологических процессов

- SIEMENS (Германия)
- Yokogawa Electric Corp. (Япония)
- Emerson (США)
- National Instruments (США)
- ICONICS (США)
- Adastra Research Group Ltd. (Россия)

Литература

основная

1. Беспалов А.В., Харитонов Н.И. Системы управления химико-технологическими процессами. ИКЦ «Академкнига», 2007. 696 с.
2. Коных В.Л. Компьютерная автоматизация производства. Новосибирск, НГТУ, 2006, Ч. 1-2.
3. Полоцкий Л.М., Лапшенков Г.И. Основы автоматики и автоматизации производственных процессов в химической промышленности. М.: Химия, 1988.288 с.
4. Дудников Е.Г. и др. Автоматическое управление в химической промышленности. М.: Химия, 1987. 368 с.
5. Коваль Ж.А., Строганов В.Ф., Шмульян И.К. Текст лекций по курсу «Автоматика и автоматизация производства». Раздел: «Автоматический контроль производственных параметров»/МХТИ им. Д.И. Менделеева, М.,1981.40с. [№2336].
6. Коваль Ж.А., Шмульян И.К. Автоматика и автоматизация производства. Текст лекций /МХТИ им. Д.И. Менделеева, М.,1982.35с. [№2544].
7. Измерительные преобразователи и схемы дистанционной передачи показаний / Под ред. Ж.А. Ковалья; МХТИ им. Д.И. Менделеева. М., 1987. 24с. [№3363].
8. Коваль Ж.А. Устойчивость системы регулирования /МХТИ им. Д.И. Менделеева, М.,1981.17с. [№2336].
9. Коваль Ж.А., Харитонов Н.И., Шмульян И.К. Сборник упражнений и задач по курсу «Автоматика и автоматизация производства» / МХТИ им. Д.И. Менделеева. М., 1982. 64с. [№2555].
10. Руководство по лабораторным работам по курсу «Автоматика и автоматизация производства» / Под ред. Ж.А. Ковалья; МХТИ им. Д.И. Менделеева. М., Ч.1,1988.76с. [№3405]. Ч2, 1984.64с. [№2822].
11. Строганов В.Ф., Коваль Ж.А. Иллюстративные материалы к лекциям по курсу «Автоматика и автоматизация производства» / МХТИ им. Д.И. Менделеева. М., 1982.42 с. [№3842].

Литература

дополнительная

- Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 3-х т. Т.1. Анализ и статистическая динамика систем автоматического управления / Под ред. Н. Д. Егупова. - М.:МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2000. 748 с.
- Преображенский В. П. Теплотехнические измерения и приборы. 3-е изд., М.: Энергия, 1978. 702с.
- Стефани Е.П. Основы построения АСУ ТП. М.: Энергоиздат, 1982. 352 с.
- Автоматизация технологических процессов. Обозначения условных приборов и средств автоматизации в схемах ГОСТ 21.404-85. М.: Из-во стандартов, 1985. 16 с.
- Практикум автоматики и системам управления производственными процессами / Под ред. И.М. Масленникова. М.: Химия, 1986. 336 с.