

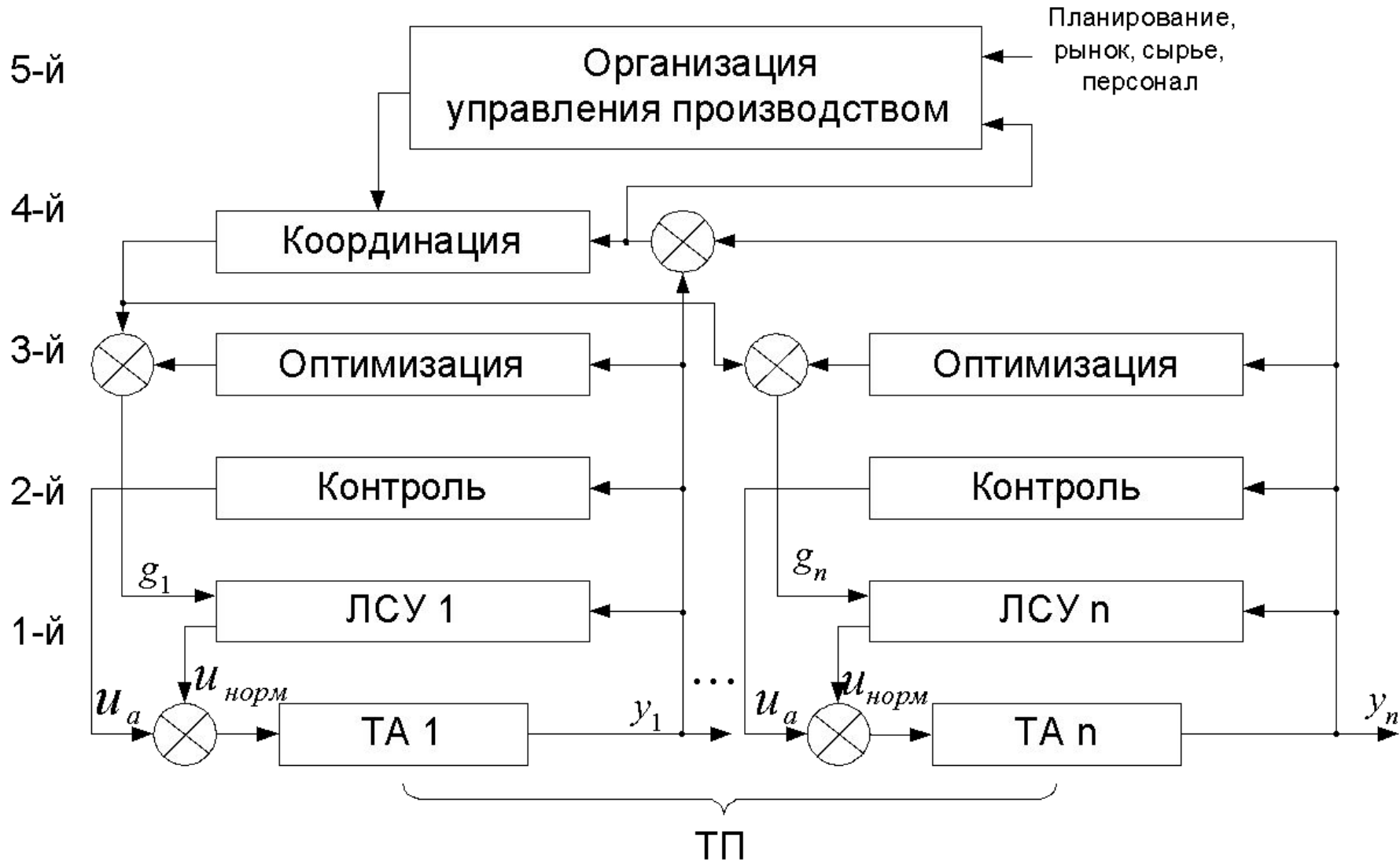
# Интегрированные автоматизированные комплексы и современные SCADA-системы

Ермилина О.В. кафедра «Автоматизация и управления»

# Укрупненная схема предприятия



# Иерархическая структура управления производством



# Основные понятия

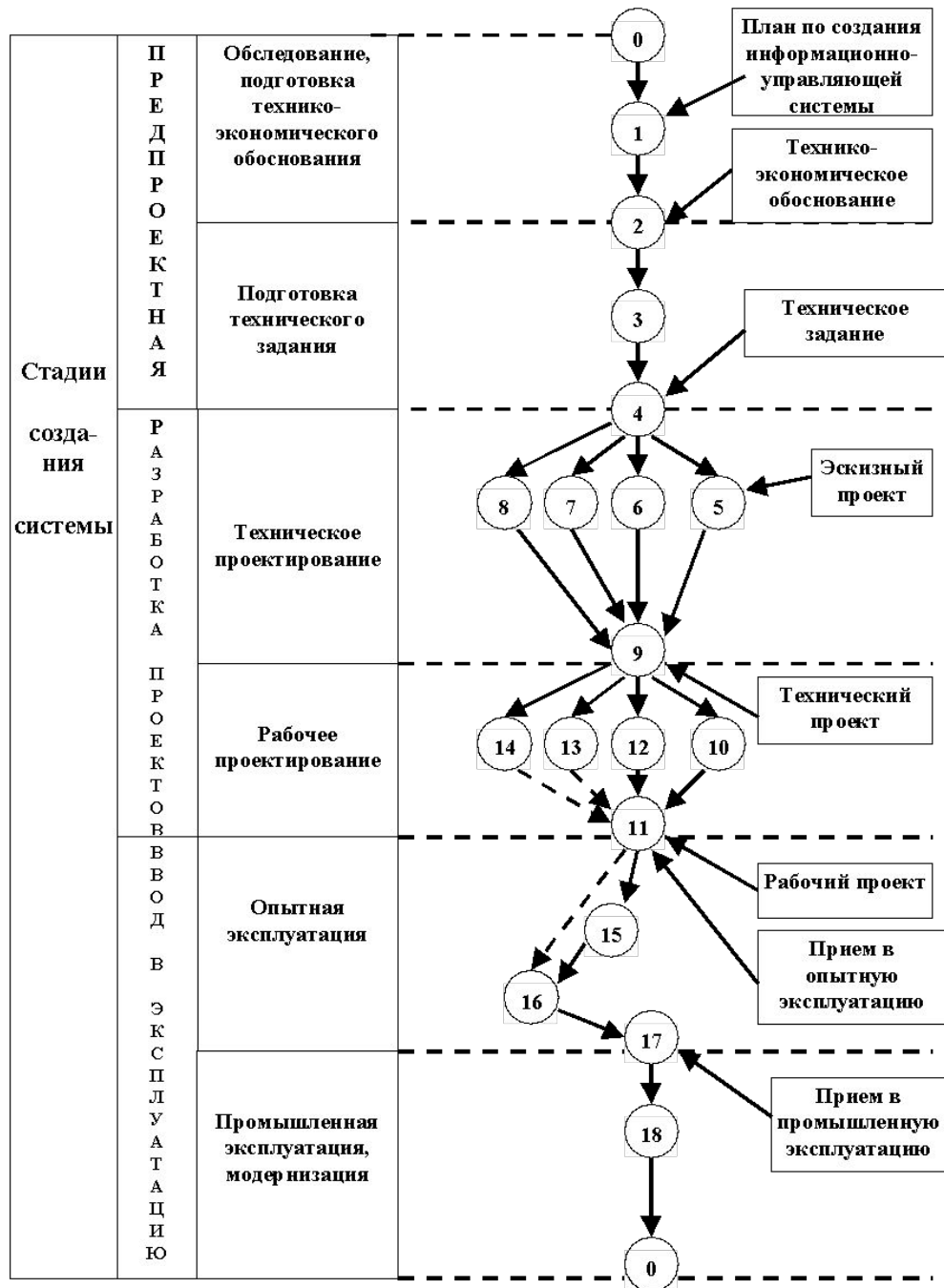
- Понятие **состояние** характеризует мгновенную фотографию системы, «остановку» в ее развитии. Состояние определяют через входные воздействия и выходные сигналы, либо через макропараметры, макросвойства системы.
- Если система способна переходить из одного состояния в другое, то говорят, что она обладает **поведением**. Этим понятием пользуются, когда неизвестны закономерности перехода из одного состояния в другое. Говорят, что система обладает каким-то поведением, и выясняют его характер, алгоритм.
- Под **целостностью** (эмерджентностью) системы понимается принципиальная несводимость свойств системы к сумме свойств составляющих ее элементов и невыводимость из последних свойств целого (т.е. системы).
- Понятие **равновесия** определяют как способность системы в отсутствие внешних возмущений (или при постоянных воздействиях) сохранять свое состояние сколь угодно долго. Это состояние называется состоянием равновесия.
- Под **устойчивостью** понимают способность системы возвращаться в состояние равновесия после того, как она была из этого состояния выведена под влиянием внешних возмущающих воздействий или внутренних воздействий, если в системе есть активные элементы.
- Состояние равновесия, в которое система способна возвращаться, называют устойчивым состоянием равновесия.
- Понятие **развитие** объясняет сложные термодинамические и информационные процессы в природе и обществе.

# Состав АСУ



# АСУТП

- а) сбор и обработка информации о состоянии технологического процесса и выпускаемых изделий;
- б) контроль и идентификация процесса;
- в) стабилизация и регулирование процесса;
- г) логико-программное (в том числе мультипрограммное) управление;
- д) поиск оптимальных решений и оптимальное (в том числе адаптивное) управление;
- е) комплексное координационное управление;
- ж) расчет технико-экономических показателей технологического процесса;
- з) анализ и предотвращение аварийных ситуаций;
- и) техническая диагностика отдельных частей и системы в целом.



Системный анализ осуществляется в следующем порядке.  
**Первый этап** - постановка задачи, включающая определение изучаемого объекта, постановку целей и задание критериев.

**Второй этап** - осуществление первичной структуризации исследуемой системы. При определении границ системы в нее стараются включить все элементы, оказывающие сколько-нибудь существенное воздействие на функционирование.

**Третий этап** - составление математической модели исследуемой системы. Элементы системы и воздействие на нее описывают с помощью определенных параметров. С введением параметра задается область его применения.

**На четвертом этапе** исследуют построенные модели и прогнозируют развитие системы, для чего на построенных моделях «проигрывают» (обычно с помощью ЭВМ) варианты тех или иных воздействий внешней среды и выявляют возможные результаты.

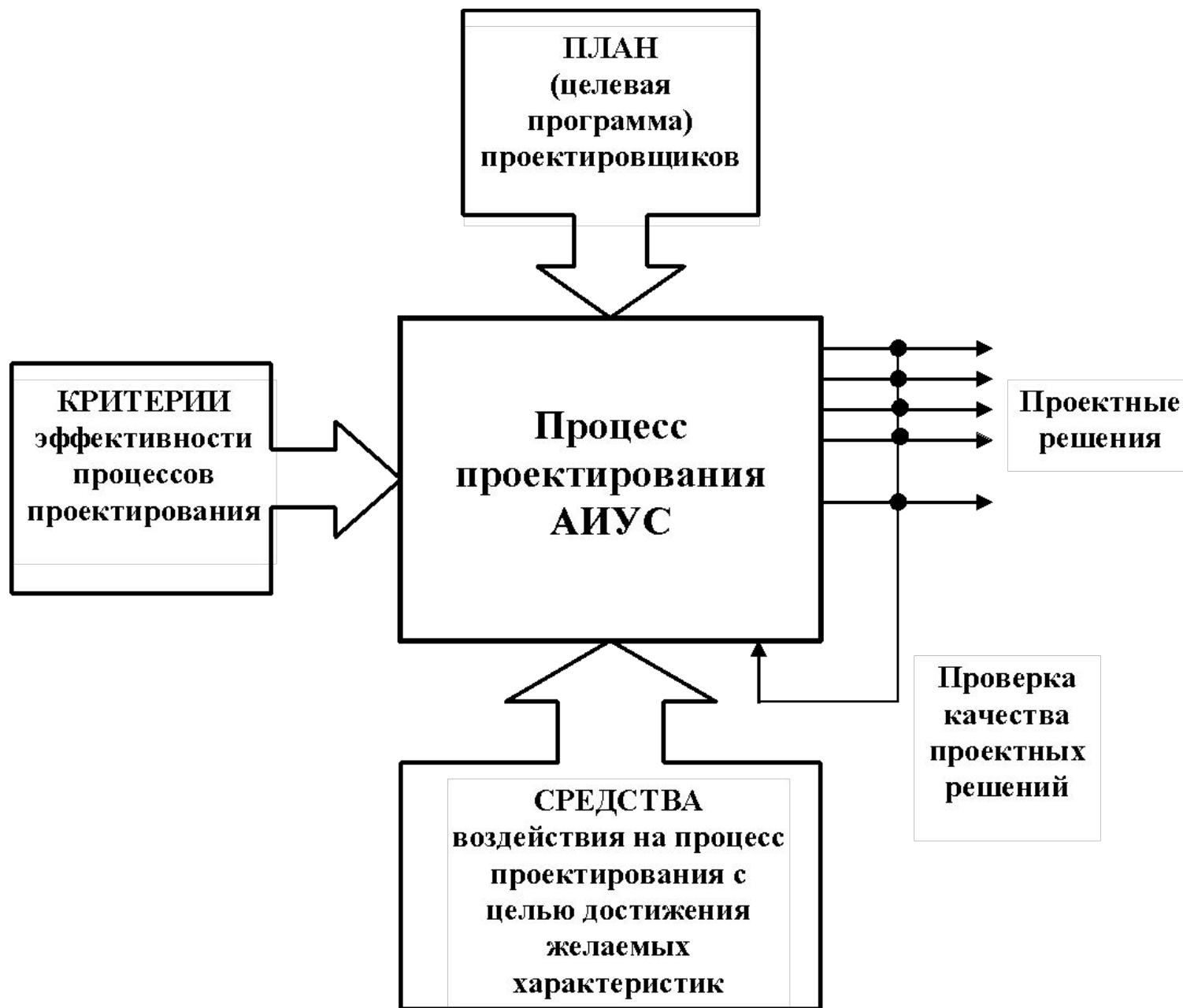
**Пятый этап** - анализ результатов прогнозирования, полученных на предыдущем этапе, проверка их соответствия целям и критериям, разработка рекомендаций по необходимому совершенствованию.

Далее снова повторяют четвертый и пятый этапы, вплоть до получения приемлемого результата.

# Структура работ по созданию АИУС

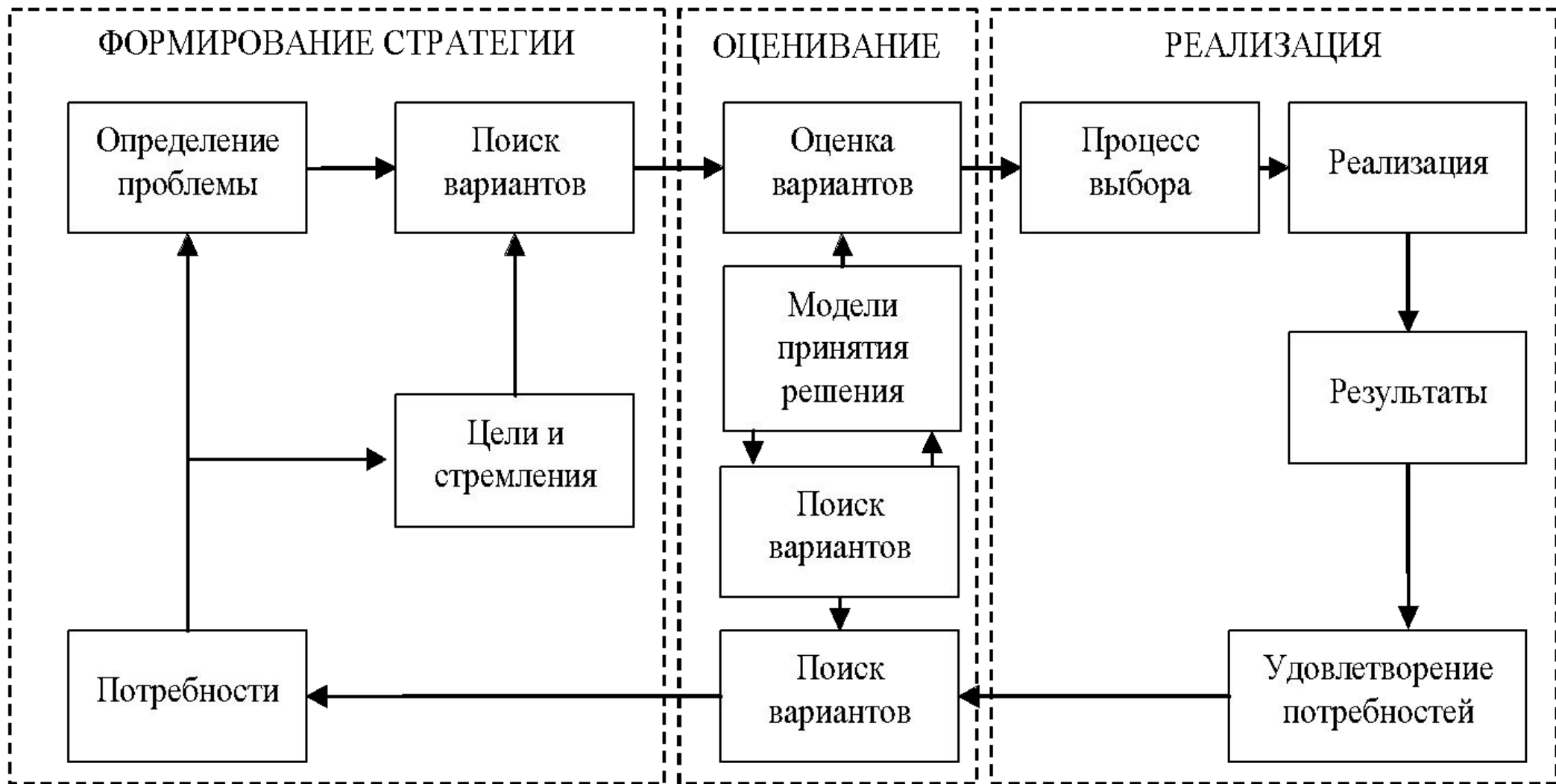


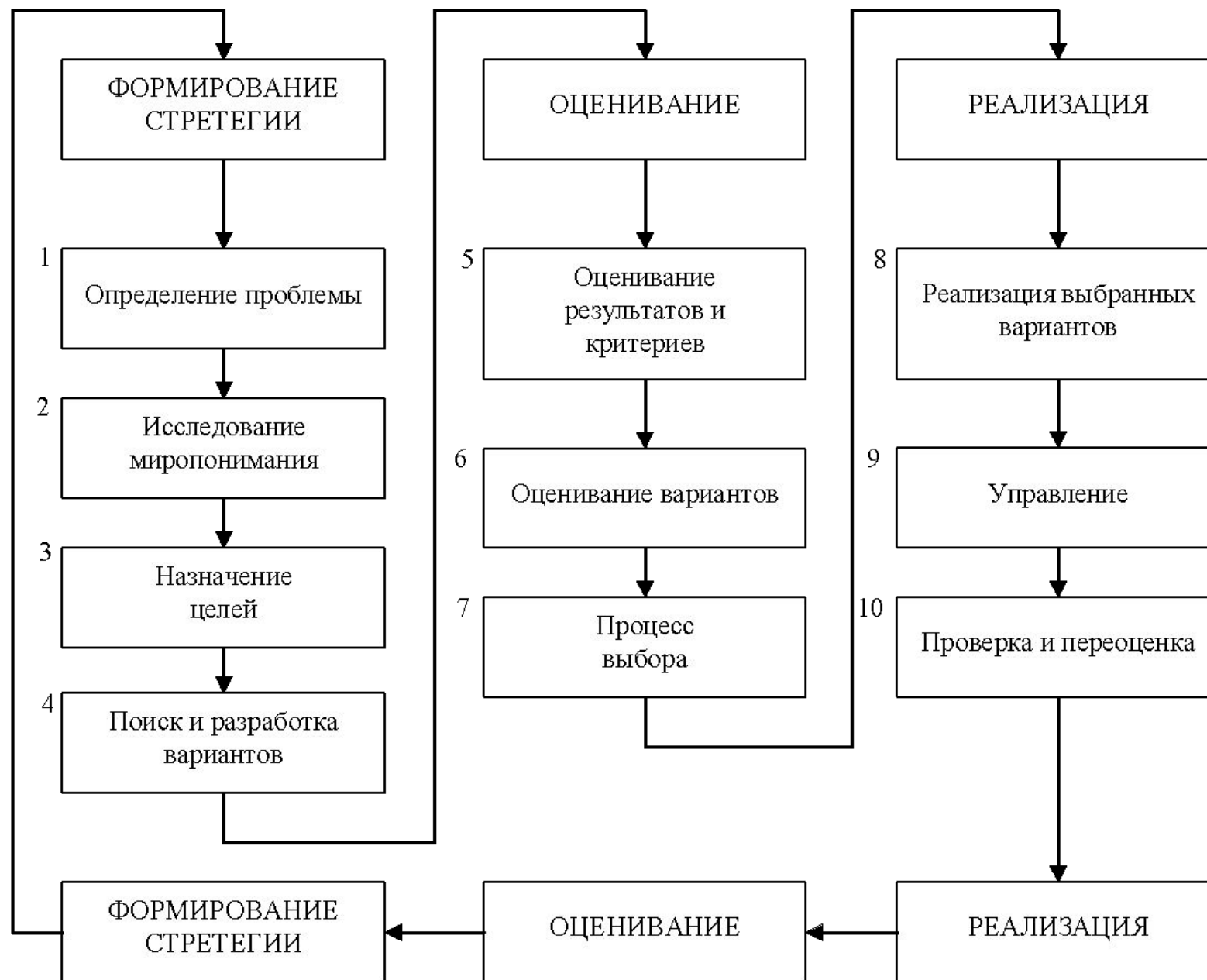






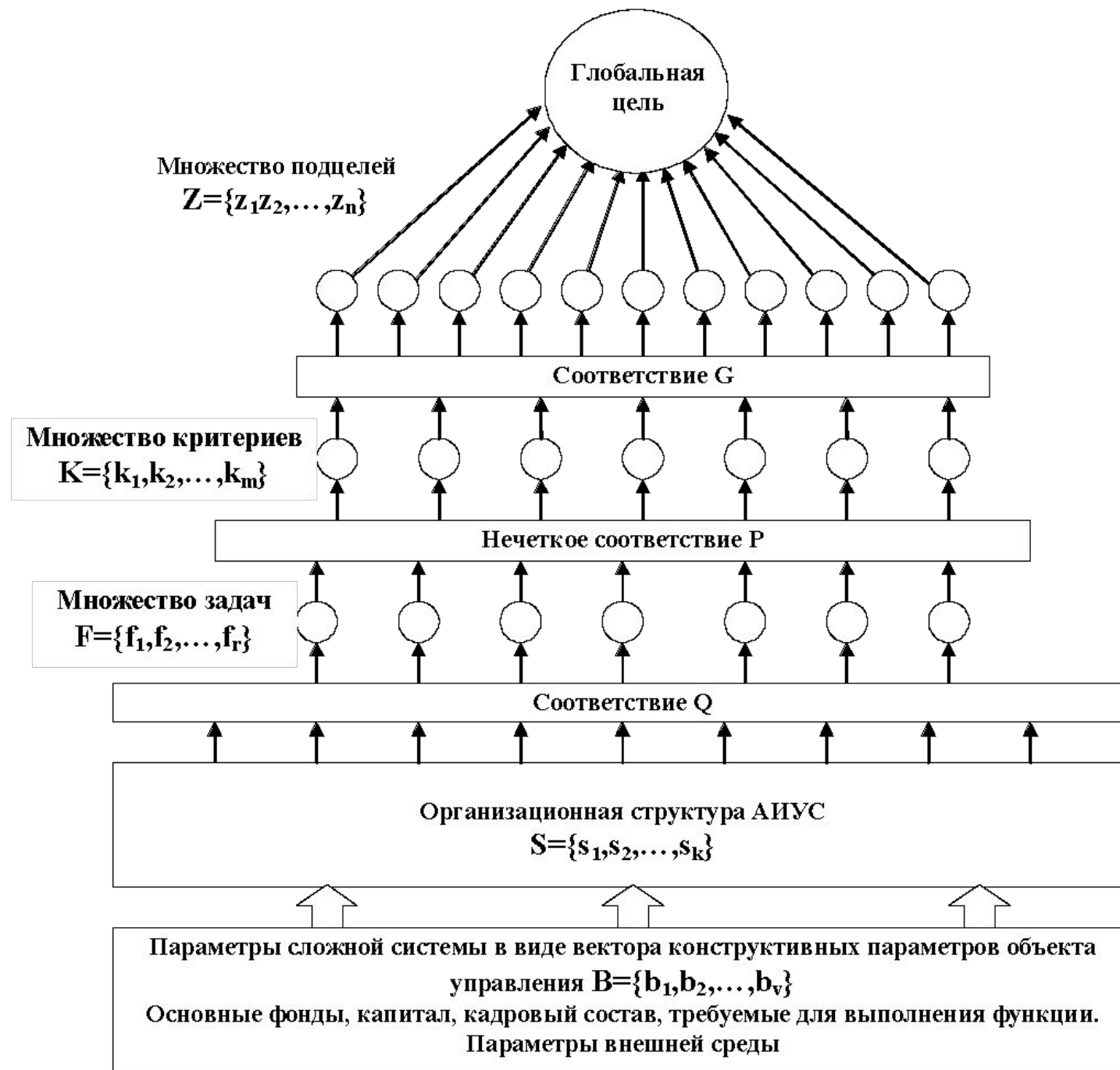




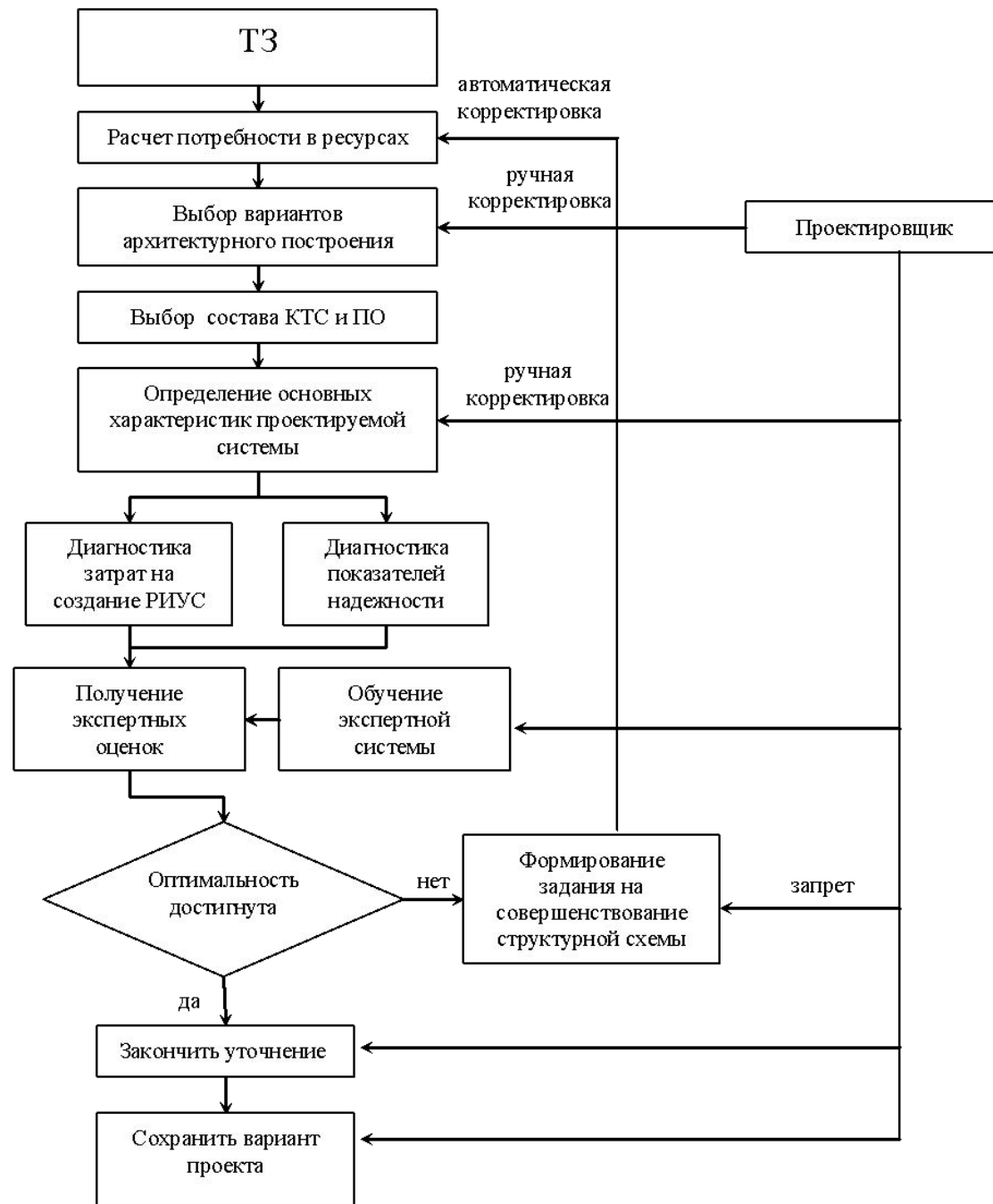


№	Наименование этапа	Основные характеристики
1	Разработка и анализ бизнес - модели	<p>Определяются задачи АИУС, проводится декомпозиция задач, определяются функции для решения этих задач. Описание функций осуществляется на языке производственных (процессы предметной области), функциональных (формы документов) и технических требований (аппаратное, программное, лингвистическое обеспечение).</p> <p>Метод решения: Функциональное моделирование.</p> <p>Результат: 1. Концептуальная модель АИУС, состоящая из описания предметной области, ресурсов и потоков данных, требований, ограничений к технической реализации АИУС. 2. Аппаратно-технический состав АИУС.</p>
2	Формализация бизнес - модели, разработка логической модели бизнес - процессов.	<p>Разработанная концептуальная модель формализуется в виде логической модели.</p> <p>Метод решения: Разработка диаграммы "сущность-связь".</p> <p>Результат: Разработанное информационное обеспечение: схемы и структуры данных для всех уровней модульности; документация по логической структуре АИУС; сгенерированные скрипты для создания объектов БД.</p>

№	Наименование этапа	Основные характеристики
3	Выбор лингвистического обеспечения, разработка программного обеспечения АИУС.	<p>Разработка АИУС: выбирается лингвистическое обеспечение (среда разработки - инструментарий), проводится разработка программного и методического обеспечения. Логическая схема воплощается в реальные объекты, при этом логические схемы реализуются в виде объектов базы данных, а функциональные схемы - в пользовательские формы и приложения.</p> <p>Метод решения: Разработка программного кода с использованием выбранного инструментария.</p> <p>Результат: Работоспособная распределенная информационно-управляющая система.</p>
4	Тестирование и отладка АИУС	<p>На данном этапе осуществляется корректировка информационного, аппаратного, программного обеспечения, проводится разработка методического обеспечения (документации разработчика, пользователя) и т.п.</p> <p>Результат: Оптимальный состав и эффективное функционирование АИУС.</p> <p>Комплект документации: разработчика, администратора, пользователя.</p>
5	Эксплуатация и контроль версий	<p>Особенность АИУС созданных по архитектуре клиент сервер является их многоуровневость и многомодульность, поэтому при их эксплуатации и развитии на первое место выходят вопросы контроля версий, т.е. добавление новых и развитие старых модулей с выводом из эксплуатации старых. БД АИУС за год эксплуатации может</p>







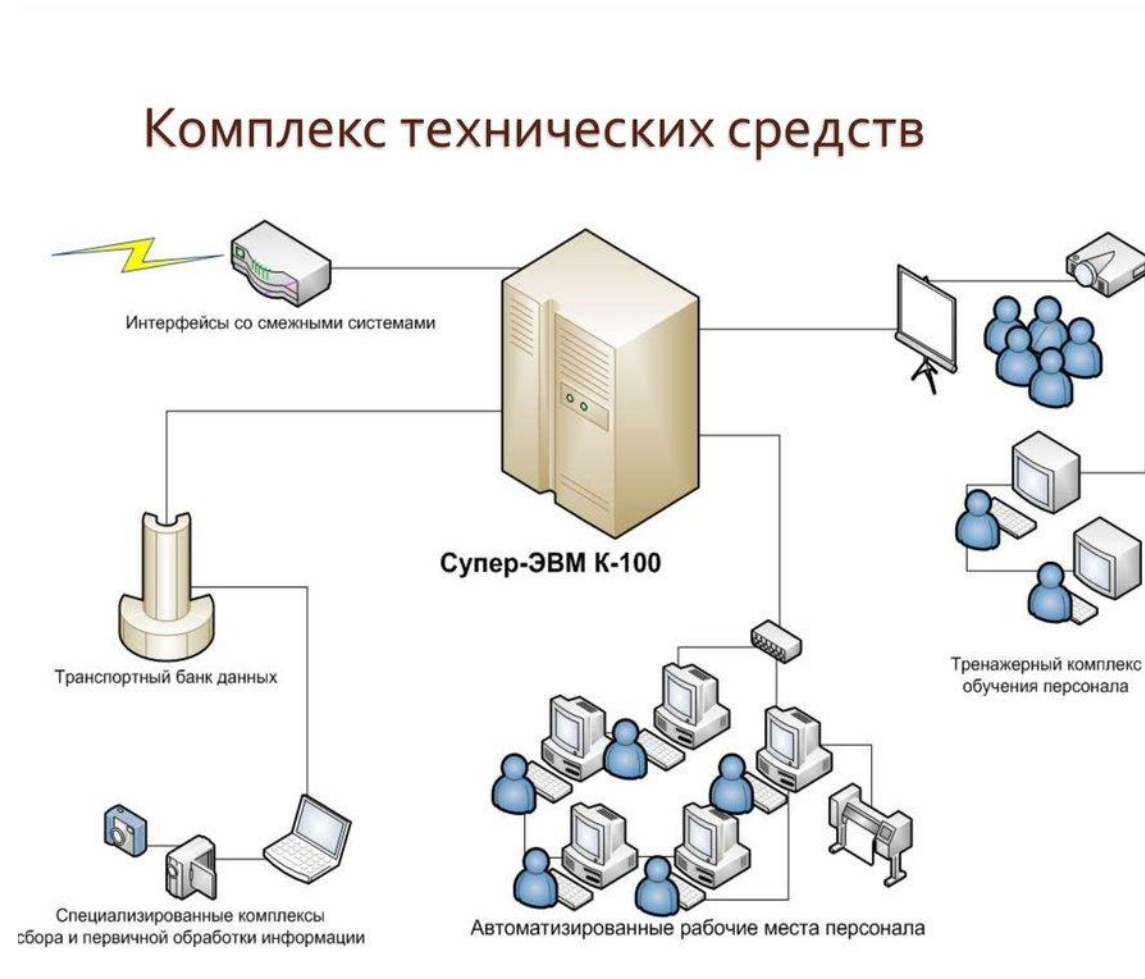
# Комплекс технических средств

- Под КТС понимают совокупность взаимосвязанных автономных технических средств фиксации, сбора, подготовки, накопления, обработки, вывода и представления информации и устройств управления ими, а также средств организационной техники, предназначенной для решения задач автоматизированных систем

# Задачи КТС

- автоматизация потоков информации от формирования управления до отображения результатов управления и их обработки;
- решение всего комплекса задач в подсистемах АИУС;
- подготовка и передача информации в информационно-управляющие системы более высокого уровня;
- контроль передаваемой информации.

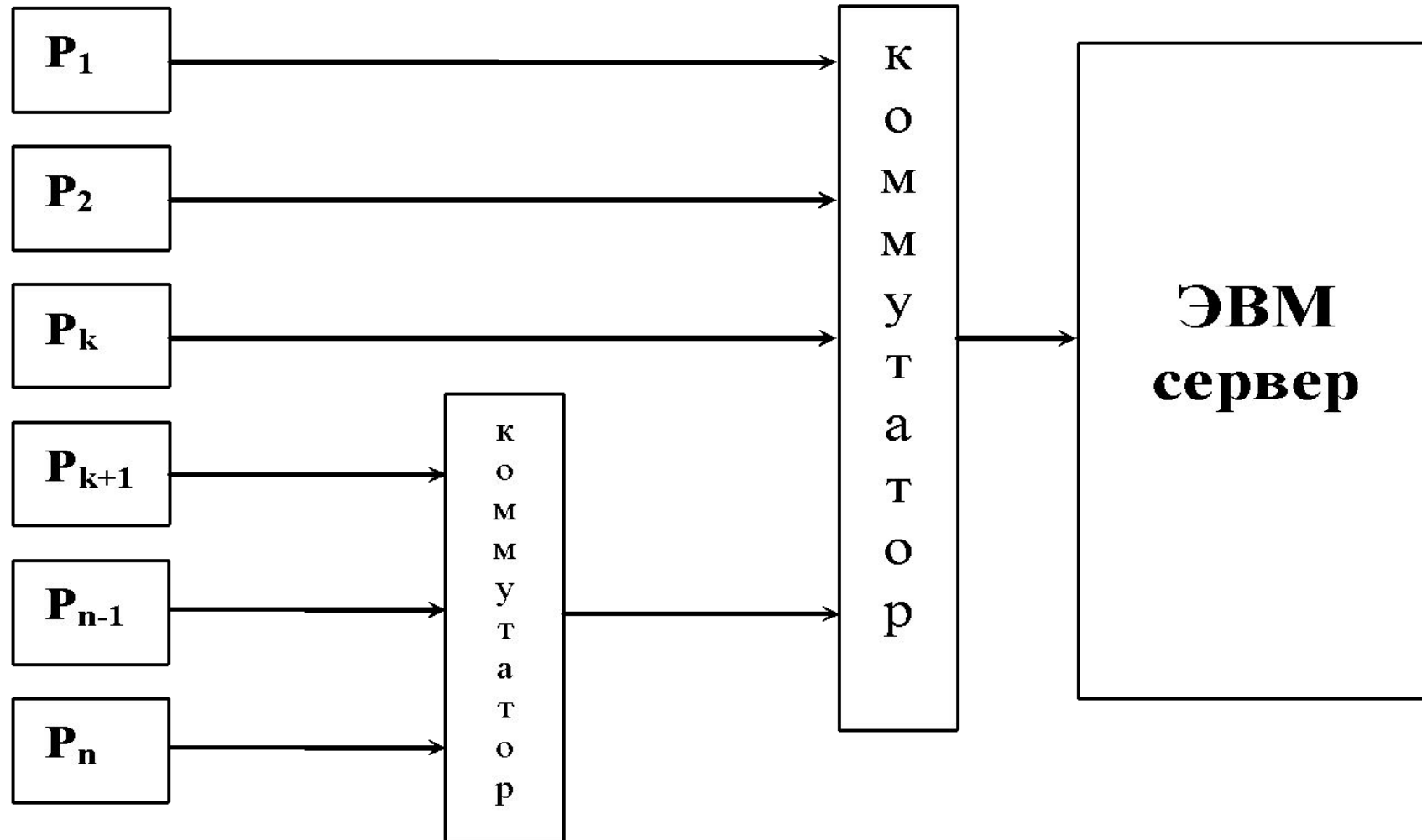
- К техническим требованиям, предъявляемым к КТС, относятся: реализуемость; гибкость структуры; надежность. К экономическим требованиям относятся минимальная стоимость КТС и минимальная стоимость обслуживания КТС.



# Обоснование выбора

- оценка, основанная на сравнении технических параметров устройств;
- оценка на основе комбинации команд;
- оценка на основе вычислительных работ;
- моделирование.

# Выбор системы сбора и передачи информации



# Выбор системы сбора и передачи информации

Под коэффициентом загрузки понимается отношение времени на ввод поступивших сообщений  $L$  ко всему времени работы  $T$ :

$$K_{\text{заг}} = L/T$$

Под задержкой сообщения понимается разность между моментом поступления  $t_{\text{п}}$  и моментом начала ввода  $t_{\text{в}}$  сообщения в ЭВМ:

$$\tau_{\text{кр}} = t_{\text{п}} - t_{\text{в}}$$

# Информационное обеспечение АУС

- нормативные и справочные данные, составляющие информационный базис системы;
- текущие сведения о состоянии управляемых объектов;
- текущие сведения, поступающие извне и требующие ответной реакции системы или влияющие на алгоритмы выработки решений;
- накапливаемые учетные и архивные сведения, необходимые для планирования и развития.



# Необходимость в организации информационных массивов в системах информационного обеспечения

- несовпадением моментов поступления информации с моментами ее потребления;
- необходимостью хранения исходной информации, промежуточных и окончательных результатов в процессе исполнения программ и других процедур преобразования информации;
- использованием одних и тех же данных различными процедурами, выполняемыми как параллельно, так и последовательно;
- многократным длительным использованием некоторых данных различными процедурами.

Основные требования к информационному обеспечению [23]:

- полнота отображения и достоверность информации;
- высокая эффективность методов и средств сбора и хранения, накопления, обновления, поиска и выдачи данных;
- одноразовый ввод информации, многократное и многоцелевое использование информации;
- простота и удобство доступа к данным информационной базы;
- ввод и накопление в информационной базе данных с минимумом дублирования;
- организация эффективной системы документооборота;
- развитие информационного обеспечения путем наращивания данных и организации новых связей и проектирования более совершенных методов и способов обработки информации;
- регламентация доступа к данным с различным уровнем доступа, а также времени хранения документированной информации.

# Выбор математического и программного обеспечения

В практике разработки АСУ обычно математическое, лингвистическое и программное обеспечение называют математическим обеспечением. Математическое обеспечение в значительной степени определяет эффективность функционирования АСУ. Системные свойства современных ЭВМ, такие, как программная совместимость, модульность построения, мощное системное программное обеспечение, обеспечивают эффективность построения и эксплуатации АСУ.

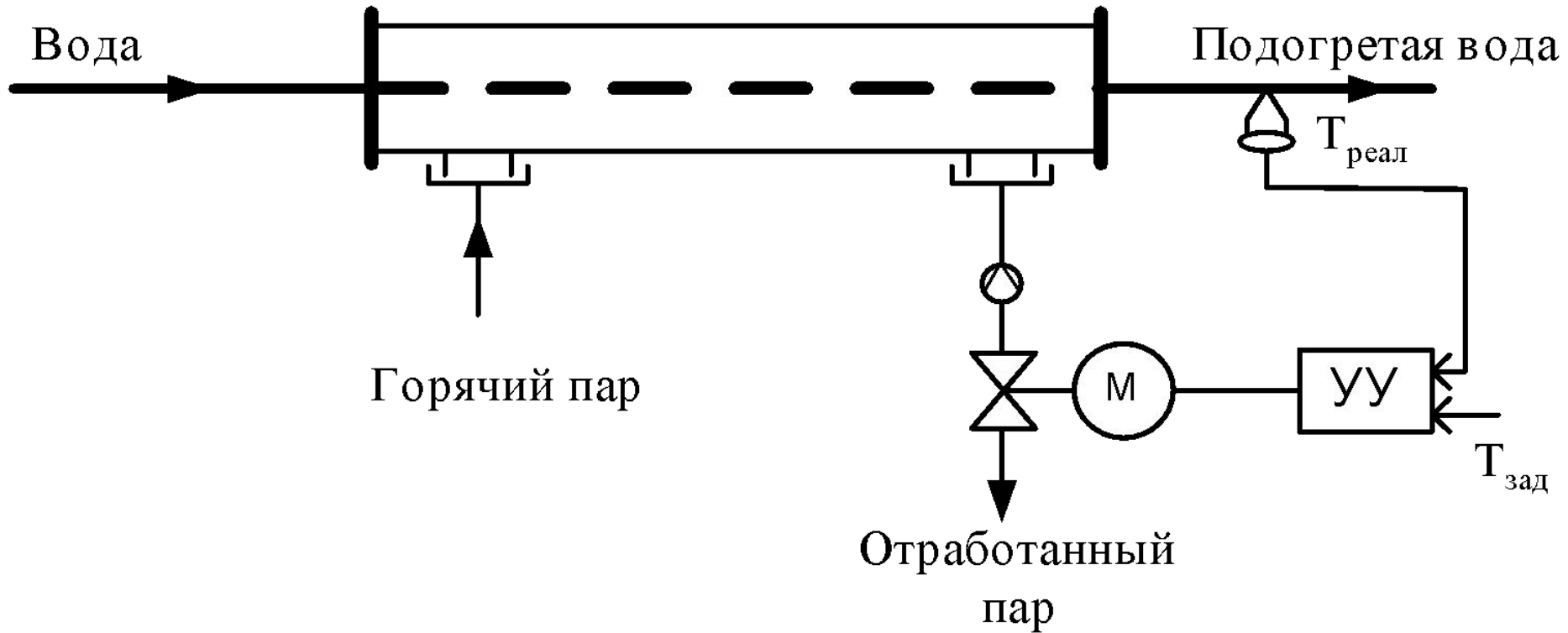
# Экономическая эффективность



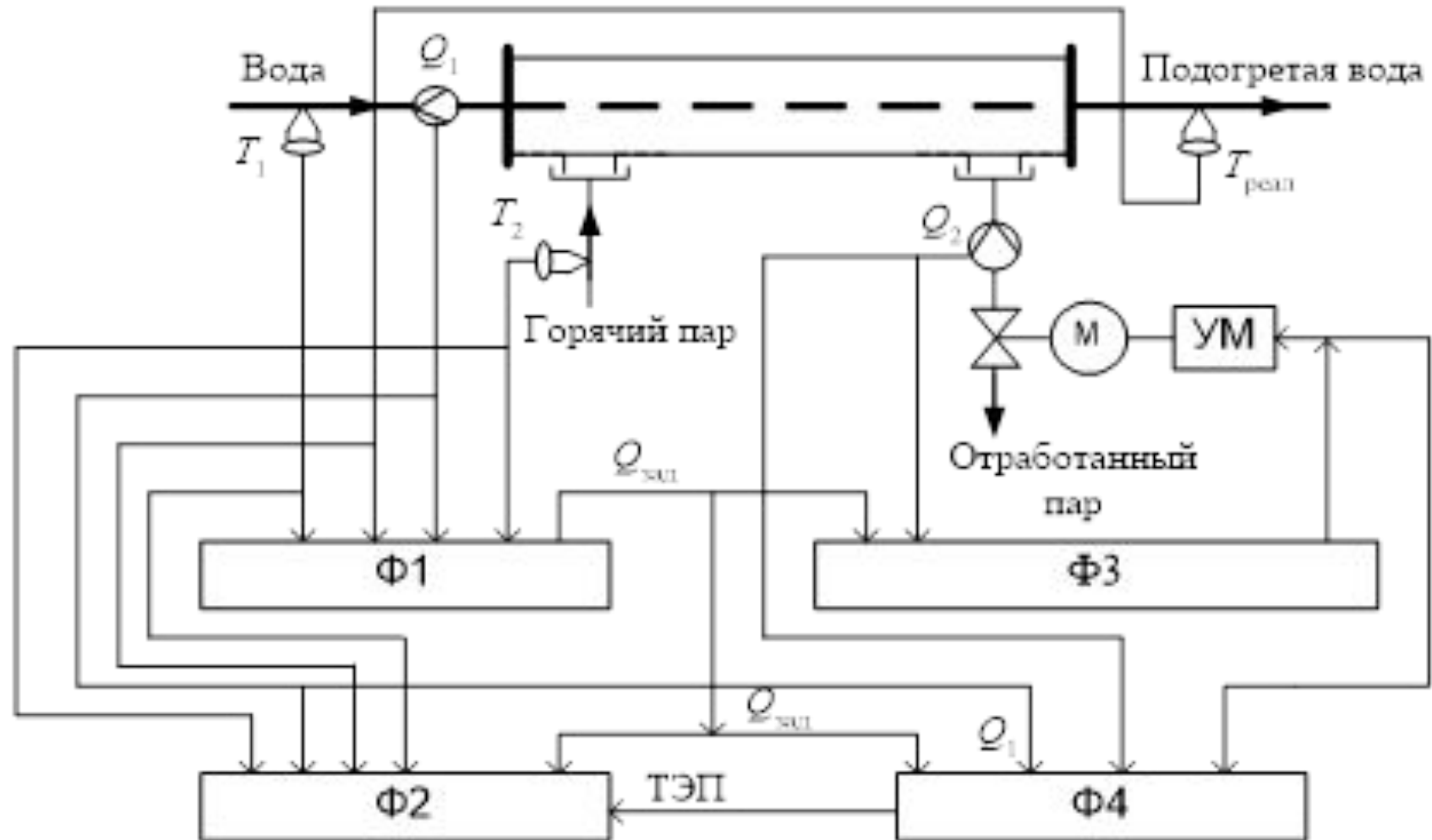
# АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

- АСУТП - это система, которая на базе высокоэффективной вычислительной и управляющей техники обеспечивает автоматизированное (автоматическое) управление технологическим комплексом с использованием централизованно обработанной информации по заданным технологическим и технико-экономическим критериям, определяющим качественные и количественные результаты выработки продукта, и подготавливает информацию для решения организационно-экономических задач.

# Отличие автоматических систем управления от систем автоматического управления



# Отличие автоматических систем управления от систем автоматического управления



# Классификация АСУТП

- **Информационно-измерительные системы** предназначены для сбора и выдачи информации о состоянии объекта управления.
- **Информационно-управляющие системы в режиме советчика.** На основании информации о параметрах технологического процесса, поступающей от датчиков, установленных на объекте, рассчитанных ТЭП и алгоритмов выработки управляющих воздействий, УВМ производит расчет оптимальных условий ведения технологического процесса.
- **АСУТП в режиме супервизорного управления.** Задача режима супервизорного управления - поддержание процесса вблизи оптимальной рабочей точки путем оперативного воздействия на него.
- **АСУТП в режиме непосредственного цифрового управления (НЦУ).** Отличие АСУТП в режиме НЦУ от описанных ранее заключается в том, что сигналы, используемые для приведения в действие управляющих органов на объекте, поступают непосредственно от АСУ, а регуляторы вообще исключаются из системы.

# Основные функции АСУ

К информационно-вычислительным функциям относятся:

- - сбор, первичная обработка и хранение информации;
- - косвенные измерения параметров процесса и состояния технологического оборудования;
- - сигнализация состояний технологических параметров и оборудования;
- - контроль и регистрация отклонений параметров технологического процесса от заданных;
- - анализ срабатывания блокировок и защит технологического оборудования;
- - диагностика и прогнозирование технологического процесса;
- - диагностика и прогнозирование состояния комплекса технических средств;
- - оперативное отображение информации и рекомендации по ведению ТП и управлению технологическим оборудованием;



# Основные функции АСУ

К управляющим функциям относятся:

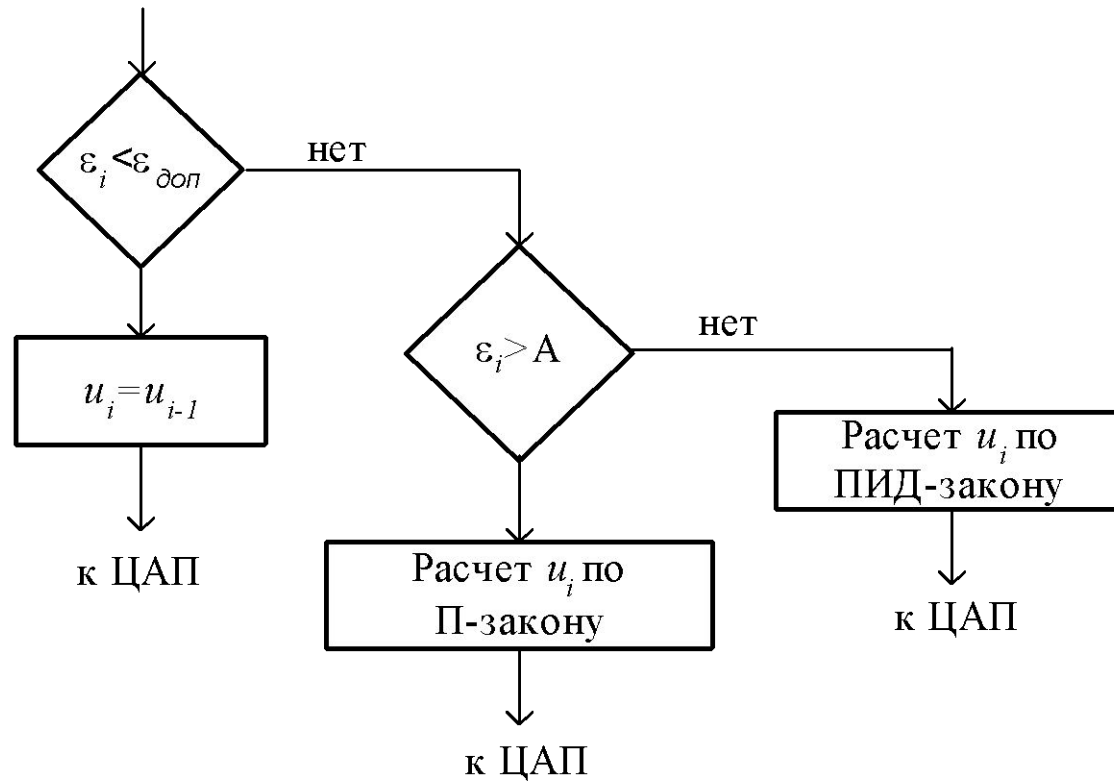
- - однотоктное логическое управление (выполнение блокировок, защит и т. п.);
- - регулирование отдельных параметров ТП;
- - каскадное регулирование;
- - многосвязное регулирование;
- - дискретное управление технологическими процессами и оборудованием;
- - оптимальное управление установившимися и неуставившимися режимами;
- - адаптивное управление.

# Разновидности структур АСУТП

- Функциональная структура (ФС) определяет класс целей, для достижения которых проектируется АСУТП. Обычно такая структура состоит из нескольких подсистем, отличающихся по своему функциональному назначению. В частности, можно выделить следующие подсистемы:
  - подсистема сбора и первичной обработки информации, предназначенная для опроса аналоговых, дискретных датчиков с обработкой и анализом информации об объекте управления;
  - подсистема управления и выдачи управляющих воздействий;
  - подсистема формирования сводных показателей;
  - подсистема регистрации и анализа производственной ситуации.

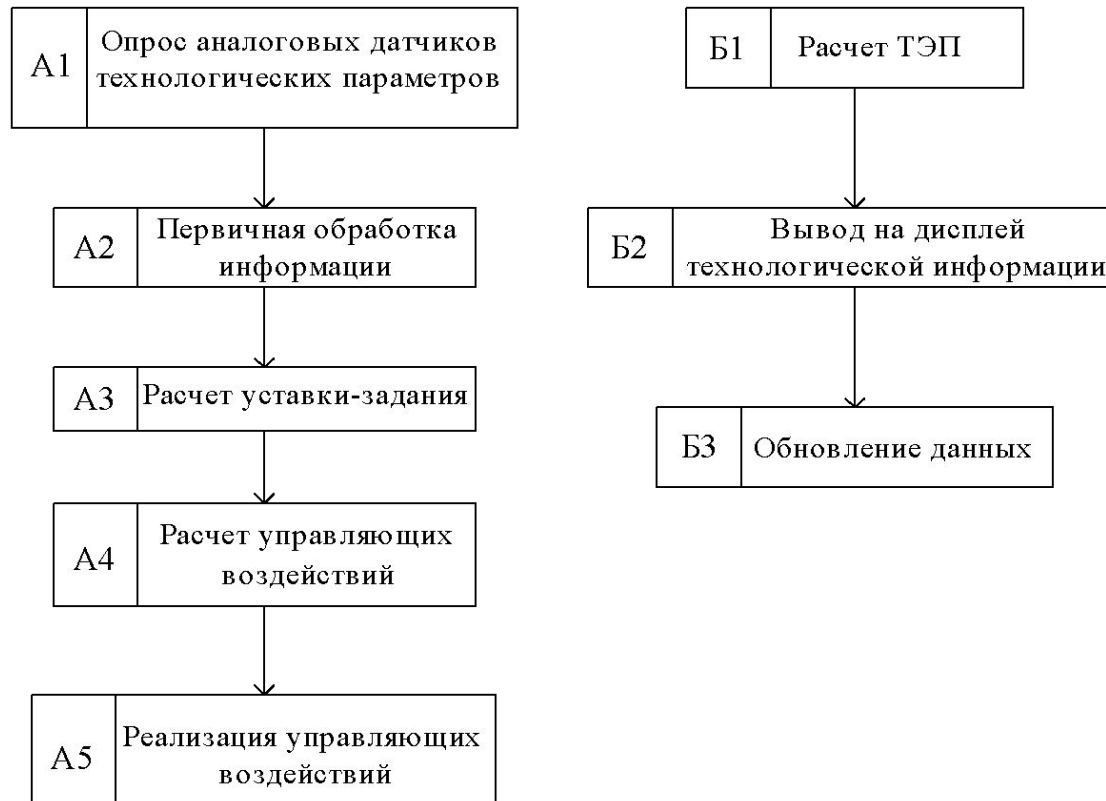
# Разновидности структур АСУТП

- Алгоритмическая структура (АС) представляет собой совокупность алгоритмов и условий их работы.



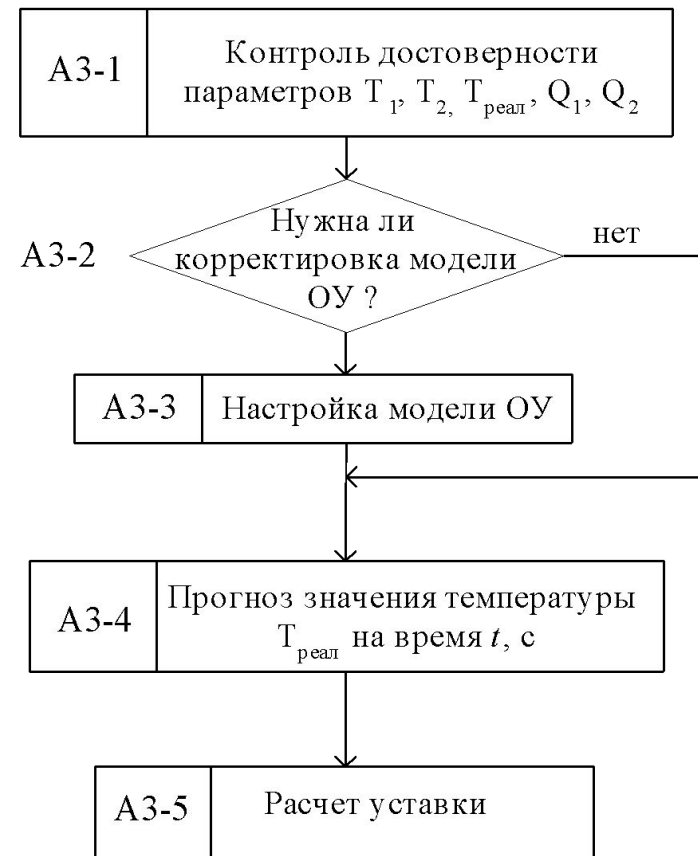
# Разновидности структур АСУТП

- Алгоритмическая структура (АС) представляет собой совокупность алгоритмов и условий их работы.



# Разновидности структур АСУТП

- Затем разрабатывают более детализированную алгоритмическую структуру.



# Разновидности структур АСУТП

- Техническая структура (ТС) представляет собой комплекс технических средств в виде отдельных модулей и блоков, предназначенных для реализации функций АСУТП.

# Разновидности структур АСУТП

- Информационная структура (ИС) связывает подсистемы АСУТП с транспортными средствами, вспомогательными механизмами и, в случае использования нестандартных блоков указывает уровни сигналов на входах и выходах этих блоков для согласования со стандартным оборудованием.

# Разновидности структур АСУТП

- Организационная структура (ОС) – совокупность правил и инструкций, устанавливающих нормы работы персонала и комплекса технических средств по управлению технологическим оборудованием в нормальных, предаварийных и аварийных режимах.



# Этапы проектирования АСУТП

- Предпроектная проработка: постановка задачи на разработку АСУТП; эскизная проработка функциональной структуры АСУТП; выбор методов решения задач управления; предварительное технико-экономическое обоснование.
- Проектирование: техническое проектирование; рабочее проектирование.
- Внедрение: комплектование системы; строительные работы; монтаж и наладка; испытания и сдача в эксплуатацию; анализ функционирования АСУТП.

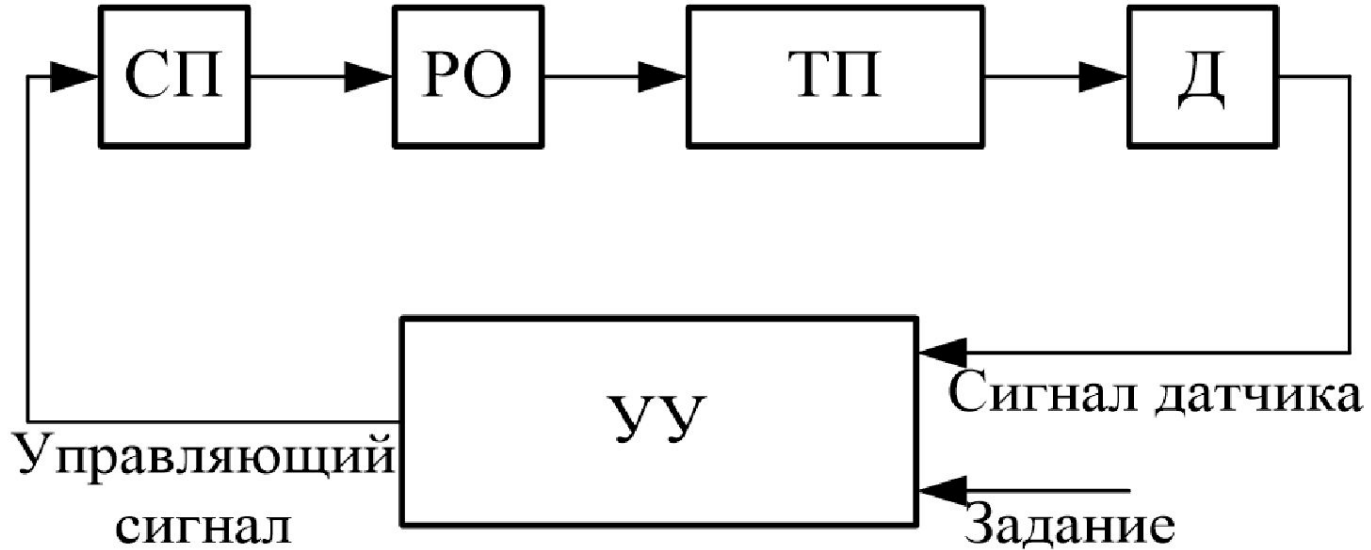
# ПОДСИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ

- Независимо от особенностей конкретного технологического процесса проектирование управляющей подсистемы следует начинать с установления целей управления технологическим процессом (ТП), критериев оценки эффективности работы АСУ, перечня управляющих функций и потребности в информационном обеспечении для формирования управляющих воздействий.

# ПОДСИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ

- При этом следует классифицировать все имеющиеся управляющие входы АСУ по характеру управления:
  - - управление локальными системами по уставкам;
  - - прямое цифровое управление;
  - - логическое двухпозиционное или кодовое управление.

# Структура локальной системы управления



# Многие из ТП

$$W_{oy}(p) = \frac{K_{oy}}{T_{oy}p + 1} e^{\tau p} \quad oy$$

$$W_{дат}(p) = \frac{K_{дат}}{T_{дат}p + 1}$$

$$W_{сп}(p) = \frac{K_{сп}}{T_{сп}p + 1}$$

$$W(p) = W_{yy}(p) \frac{K_o}{(T_{\mu y}p + 1)(T p + 1)} e^{\tau p} \quad oy$$

# Алгоритмы формирования управляющих воздействий

- ПИД

$$u(t) = K_{\text{рег}} \left( \varepsilon(t) + \frac{1}{T_{\text{и}}} \int_0^t \varepsilon(t) dt + T_{\text{д}} \frac{d\varepsilon(t)}{dt} \right)$$

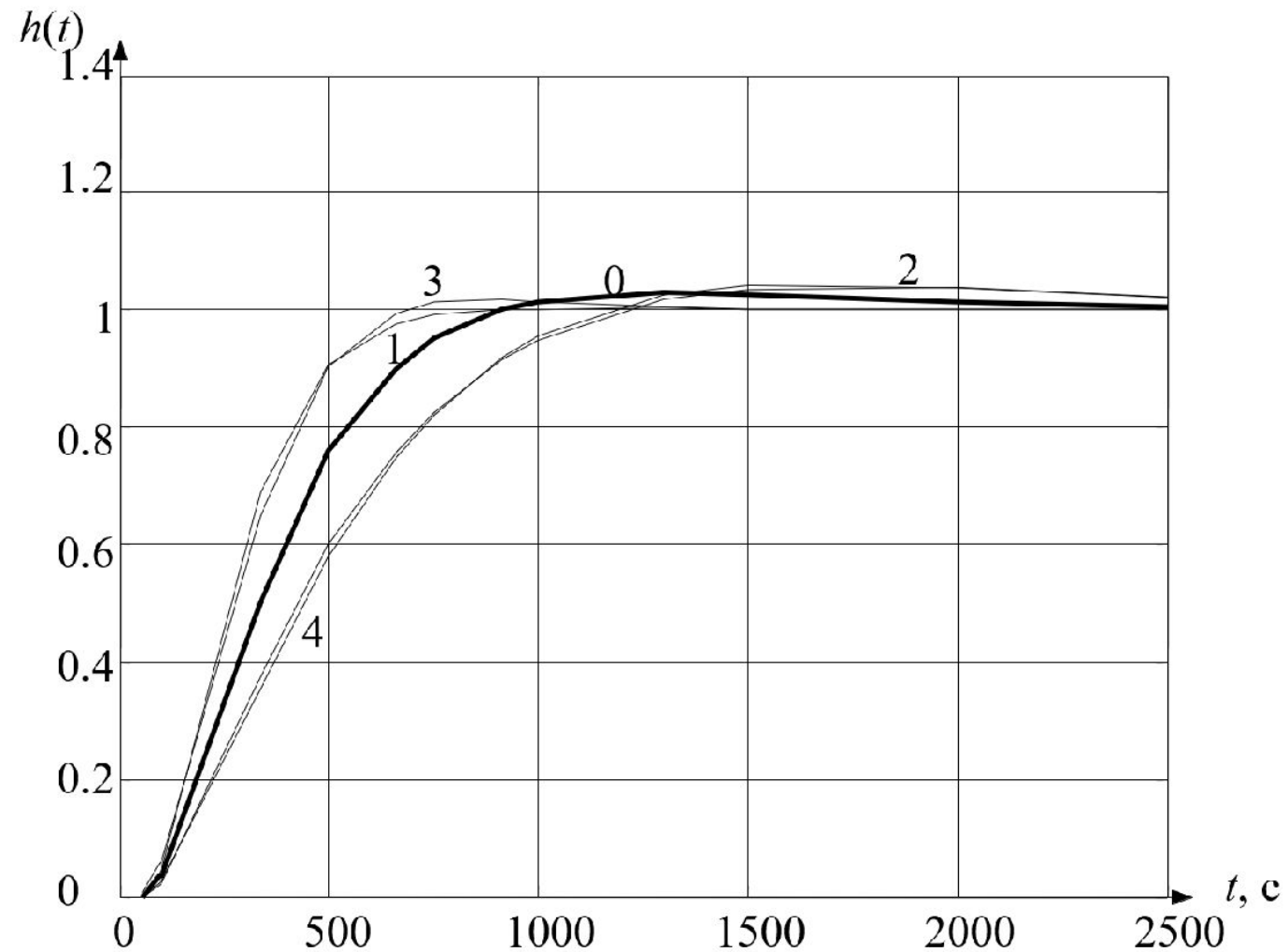
# Модальное управление

- Управляющее воздействие

$$\bullet u = g - k^T x = g - k_1 x_1 - k_2 x_2 - \dots - k_n x_n$$

- будет называться модальным, если коэффициенты  $k_i$ ,  $i=1,2,\dots,n$  выбраны по заданным исходя из степени устойчивости  $\eta$  корням характеристического полинома замкнутой системы.

# Модальное управление





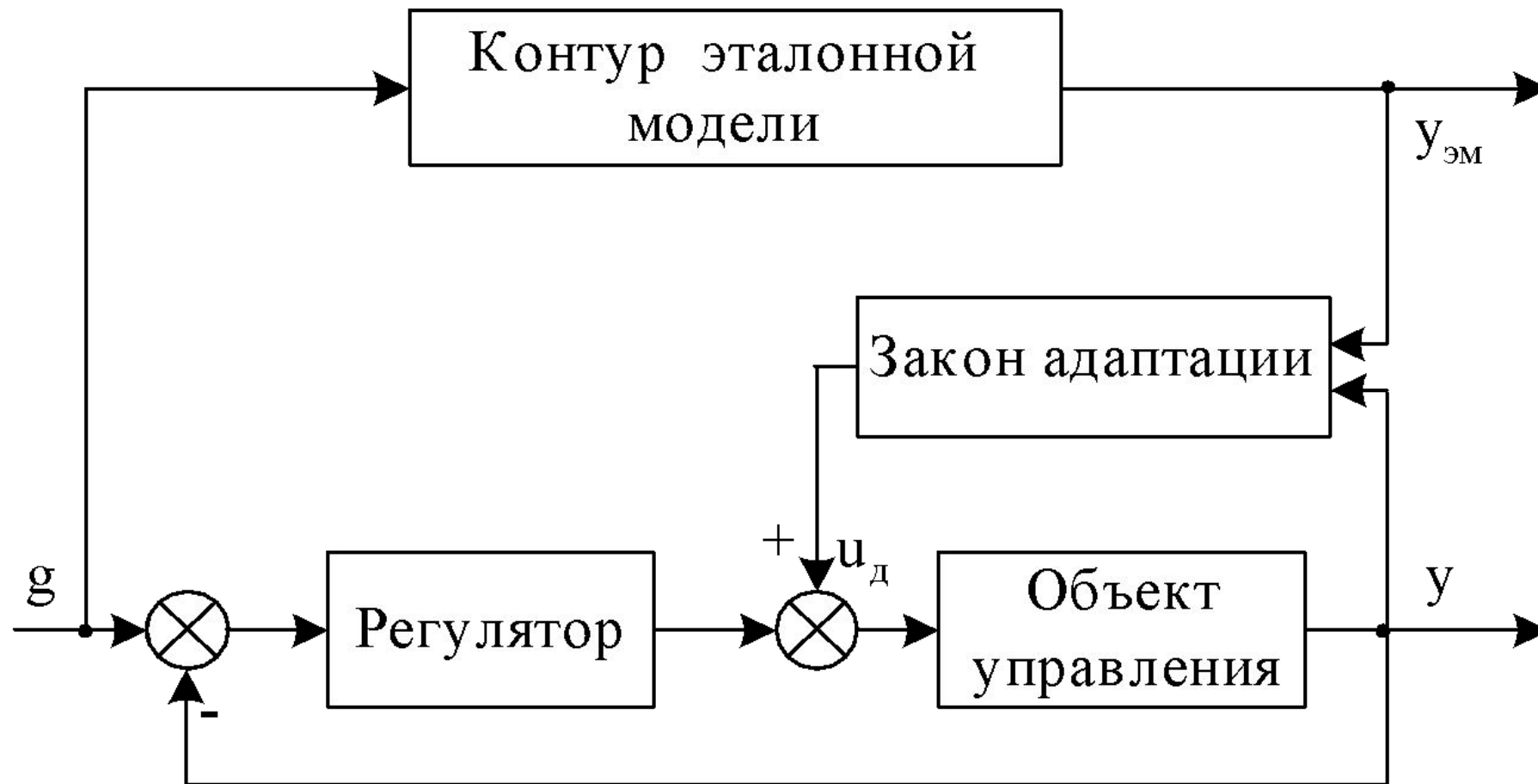
# Алгоритм нечеткого регулирования

- Нечеткие логические регуляторы (НЛР) используются при управлении объектами, для которых либо сложно получить математическую модель, либо объект содержит существенно нелинейные характеристики.

Для формирования в НЛР управляющего воздействия необходимо осуществить следующие действия:

- 1. Получить величину отклонения (рассогласования)  $\varepsilon$  истинного значения регулируемой координаты  $y$  от требуемого  $g$ ;
- 2. Преобразовать значения отклонения к нечеткому виду: «большое», «среднее», «малое»;
- 3. Оценить приращения управления по заранее сформулированным нечетким правилам принятия решения<sup>4</sup>
- 4. Вычислить значение кода управления, необходимого для регулирования процесса.

# Адаптивное управление



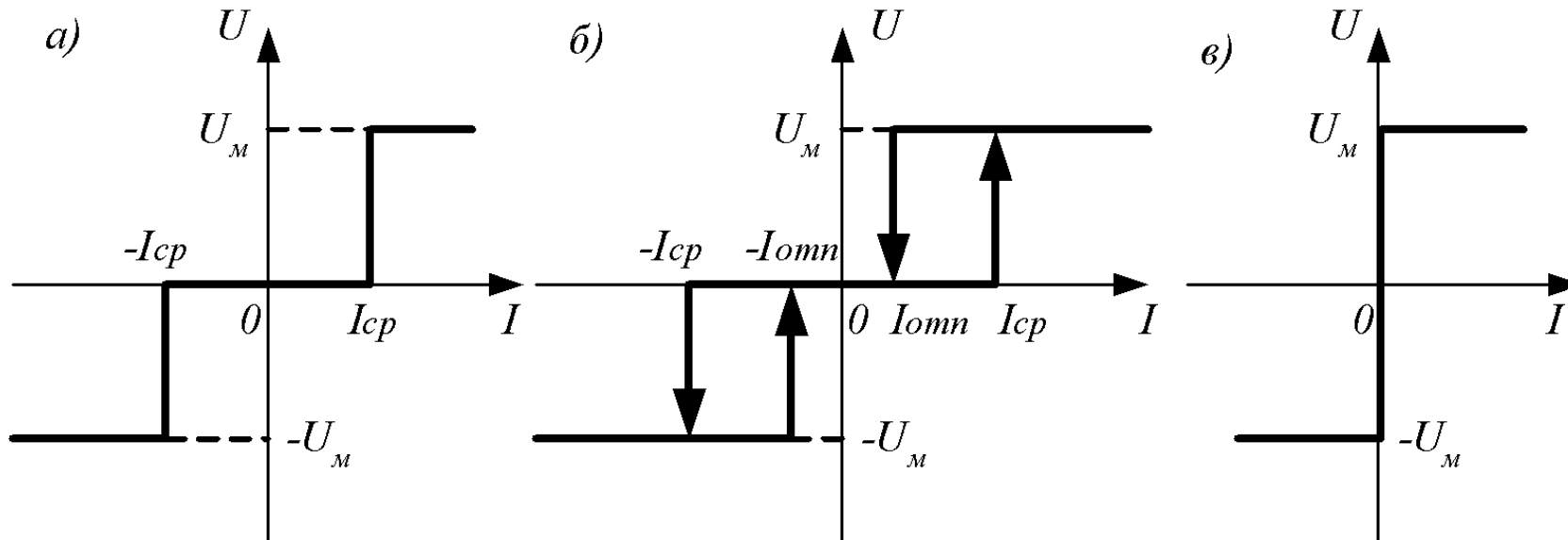
# Адаптивное управление

Процедура разработки закона адаптации заключается в следующем.

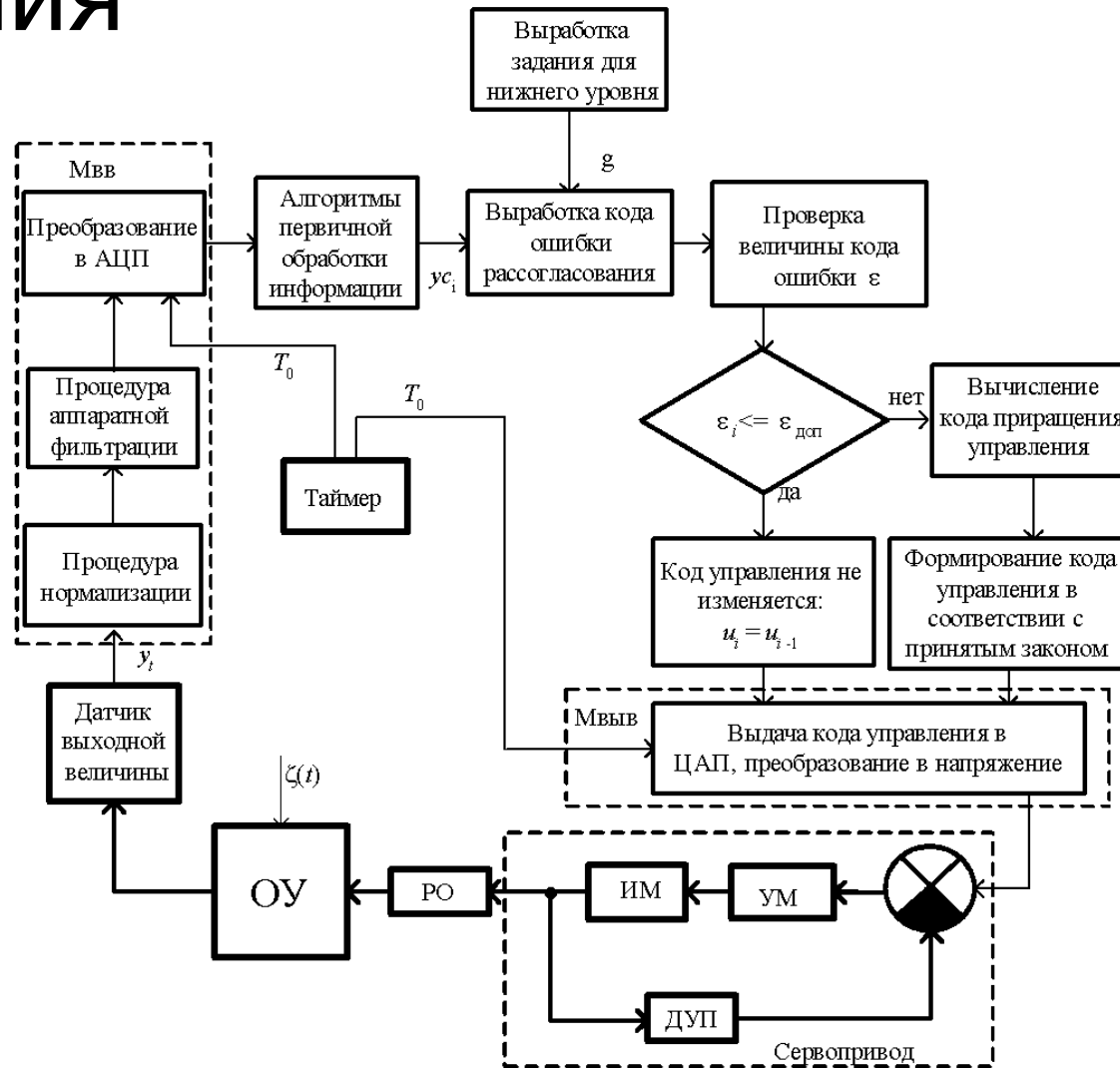
1. По параметрам нестационарной модели ОУ подбирается эталонная модель с желаемыми показателями переходного процесса системы управления.
2. Записывается уравнение системы с эталонной моделью относительно ошибки адаптации.
3. Выбирается функция Ляпунова и записывается условие отрицательности ее производной.
4. На основании п. 3 записывается выражение для дополнительного управления  $u_d$ .
5. Определяется уравнение линии переключения.
6. Рассчитываются коэффициенты, и получается аналитическая запись закона управления, подлежащего реализации.

# Релейное управление

Релейное управление является наиболее простым в реализации и экономичным в эксплуатации способом управления: сигнал рассогласования подается на исполнительную часть системы прерывно, причем возможны только три значения управляющего воздействия: максимальное положительное, максимальное отрицательное и нулевое



# Алгоритмическая структура локальной системы с цифровым устройством управления



# Характеристики многорежимных технологических процессов

В многорежимных технологических процессах (ТП) может быть несколько целей управления, реализация которых производится в зависимости от выбранного режима работы технологического оборудования. При этом выбор соответствующего режима его работы может производиться по времени, по изменению состояния каких-либо датчиков оборудования либо по достижению требуемого состояния в ходе ТП.

Помимо управления в номинальном режиме, необходимо предусмотреть контроль на предаварийную ситуацию и управление по предотвращению аварии. Все перечисленное рекомендуется представить в виде табл.

# Характеристики многорежимных ТП

Режим пуска	Температура обмоток двигателя	Пламя горелки	Контролируемый технологический параметр либо
Релейное	Двухпозиционное	Логическое	Тип управления
Сокращение времени выхода на номинальный режим	Аварийное выключение	Предотвращение взрыва	Цель управления
Оптимальное быстродействие	Надежность выполнения	Надежность выполнения	Критерий эффективности управления
	Отключение силового питания двигателя	Прекращение подачи топлива	Связь управления с контролируемым параметром
По расчетным значениям интервалов переключения	По срабатыванию аварийных датчиков технологического агрегата (перечень)	При срабатывании датчика	Интервал выдачи управляющих воздействий
	Датчики исправности оборудования	Датчик наличия пламени	Информационное обеспечение (перечень исходных данных)
Признак окончания режима пуска должен выдаваться при достижении заданной температуры трубки по выходному	Режим должен быть определен с момента включения технологического оборудования	Опрос датчика каждые 2с	Примечание