

**НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ: «Системы управления химико-технологическими процессами»**

**Общие сведения об автоматическом управлении химико-технологическими процессами**

*Цель управления химико-технологическим процессом*

**Управление**

**Система управления**



Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского

## Функциональная структура АСУ ТП

В современных производствах задача управления технологическим процессом осуществляется автоматизированной системой управления технологическим процессом (АСУ ТП). АСУ ТП – это комплекс, объединяющий технологический процесс, технические средства сбора, обработки, преобразования информации, программного, алгоритмического и математического обеспечения и оперативного персонала.

Функциональная структура АСУ ТП представляет собой многоуровневую иерархическую структуру.

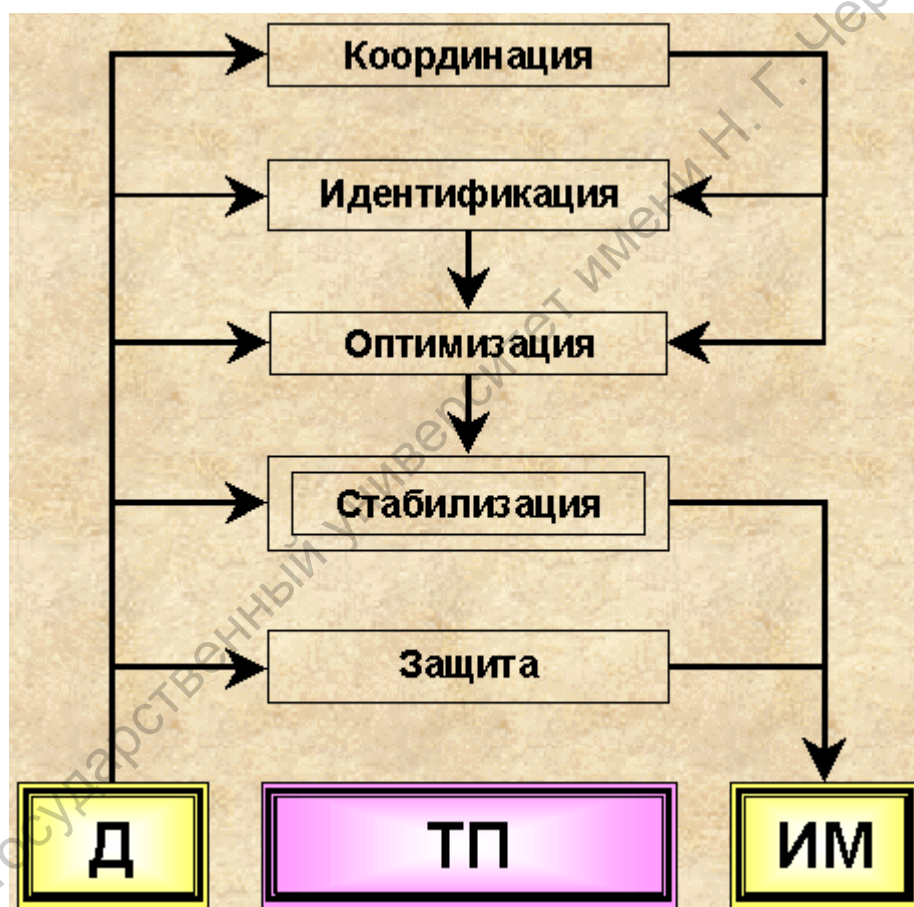
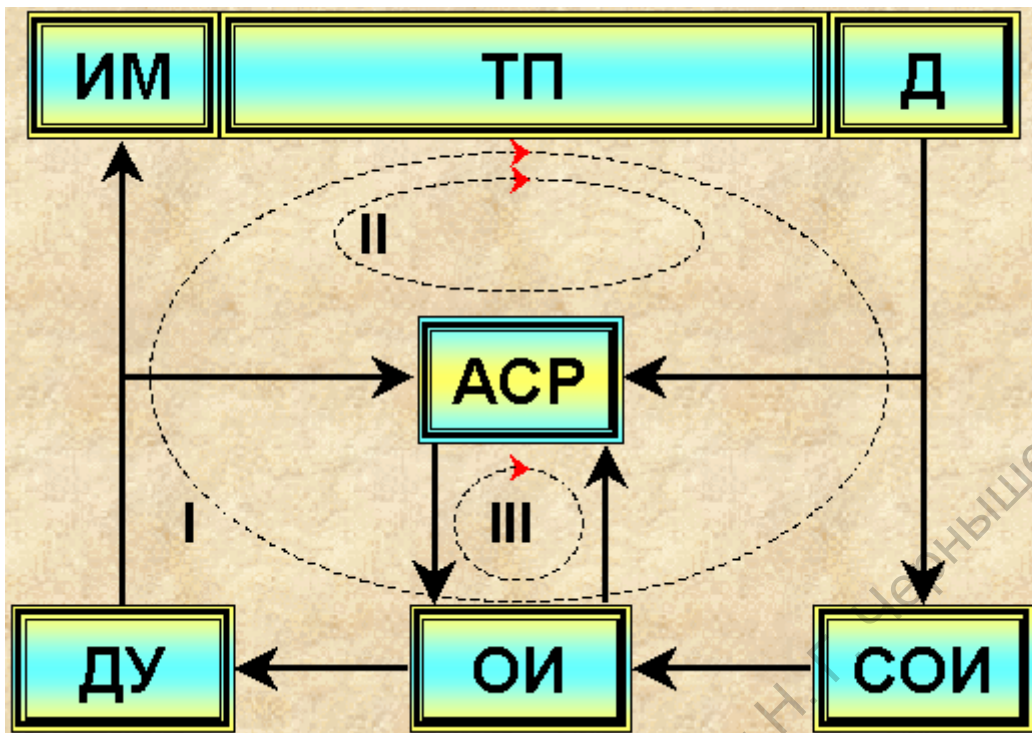


Рисунок 1

АСУ ТП – это человеко-машинная система. Функции системы могут быть реализованы в двух режимах ее работы:

**автоматизированном**, в котором осуществляется автоматический сбор и обработка информации и выработка рекомендаций по управлению, а реализация управляющих воздействий осуществляется оператором;

**автоматическом**, в котором выработка и реализация управляющих воздействий осуществляется автоматически управляющими устройствами без участия оператора.



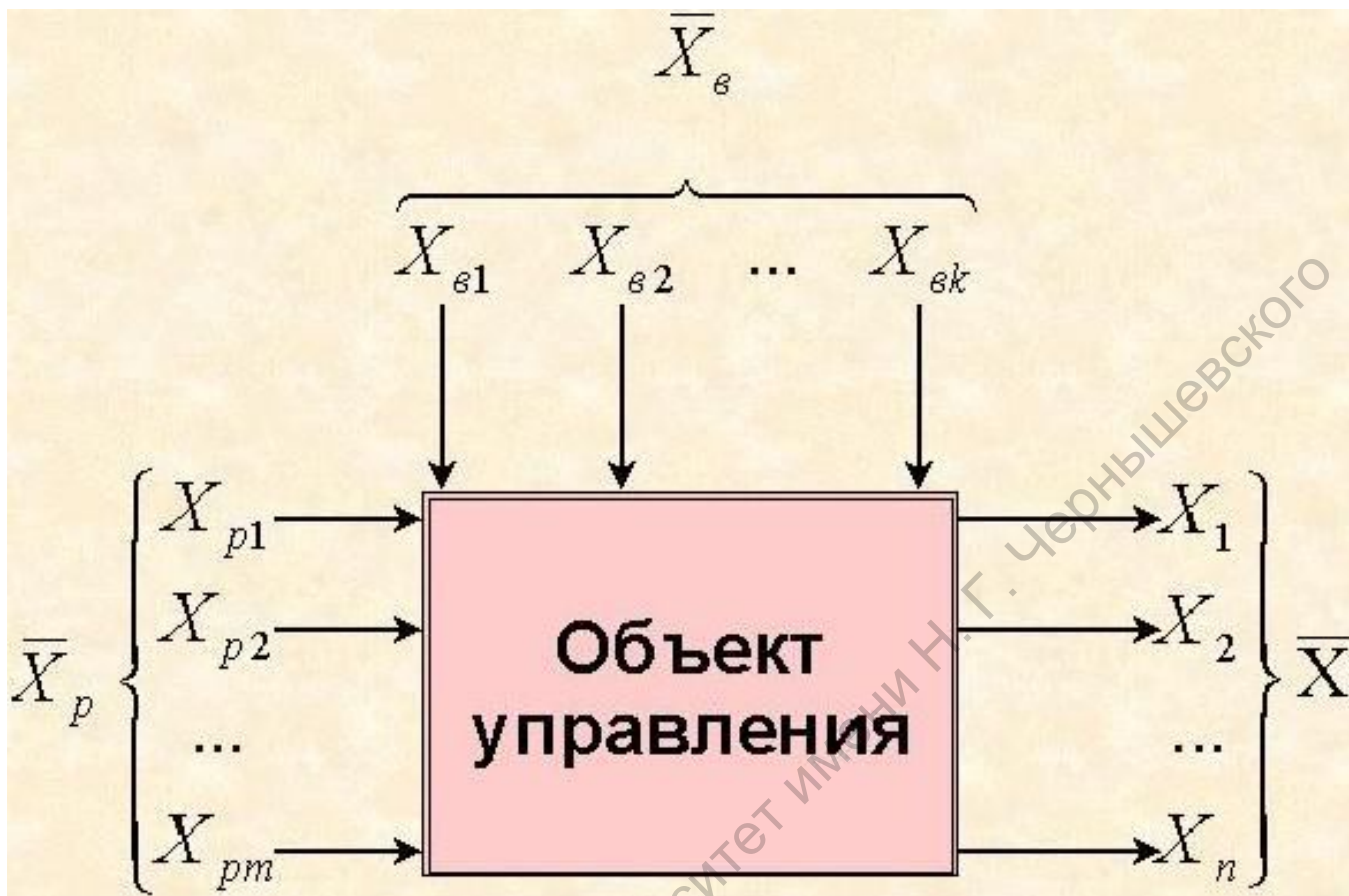
*Рисунок 2*

**АСР** – автоматическая система регулирования, **ОИ** – обработка информации, **СОИ** – система отображения информации, **ДУ** – органы дистанционного управления.

**I контур** – автоматизированное; **II контур** – автоматическое; **III контур** – система, в которой задание изменяет оператор, а управляет технологическим процессом АСР.

Саратовский государственный университет имени Н.Г. Гумилёва

*Задача анализа и синтеза автоматической системы регулирования (АСР)*



*Рисунок 3*

Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского

$\bar{X}$  – вектор входных переменных, который характеризует состояние процесса, его называют управляемыми (регулируемыми) параметрами. Это такие параметры, как температура, давление, состав, концентрация, расход и т.п.

$\bar{X}_p$  – вектор входных переменных, называемых управляющими (регулирующими) воздействиями. К ним относятся параметры, с помощью которых можно изменять материальные и энергетические потоки, в основном расход, давление, температура и т.п.

$\bar{X}_e$  – вектор входных переменных, называемых возмущающими воздействиями, являющихся внешними воздействиями по отношению к объекту. Это параметры, связанные с изменением режимов работы процесса и внешней среды такие, как изменение расходов, температур, давлений, состава сырья и т.п.

Переменные процесса связаны между собой функциональными зависимостями, и рассматриваются их изменения во времени.

Соответственно, должна быть решена задача анализа системы, определено состояние объекта как функция регулирования, возмущающих параметров и времени

$$\bar{X} = F(\bar{X}_p, \bar{X}_e, t)$$

и задачи синтеза, расчета регулирующих воздействий в соответствии с заданным критерием

$$\bar{X}_p = Y(\bar{X}, \bar{X}_e, t)$$

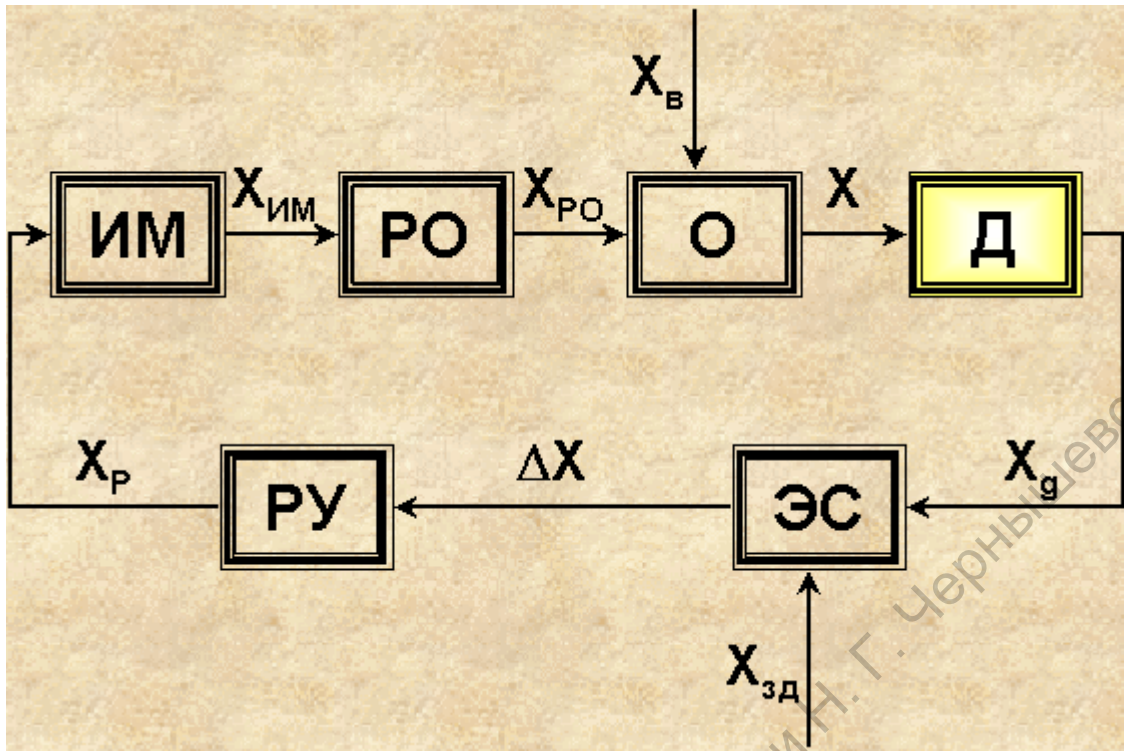


Рисунок 4

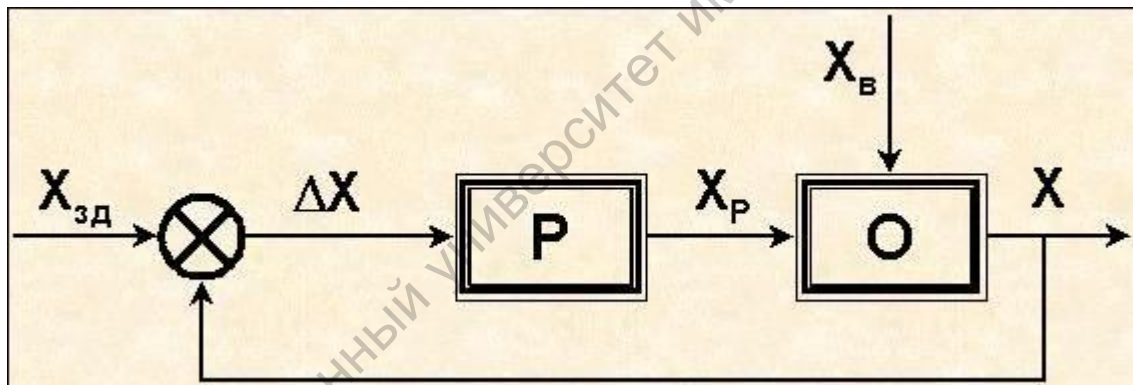


Рисунок 5

Здесь  $X$  – регулируемый параметр,

$X_{зд}$  – заданное значение регулируемого параметра,

$X_в$  – возмущающее воздействие,

$X_р$  – регулирующее воздействие.

### Контрольные вопросы к лекции 1. Введение. Цель управления ХТП.

1. Дать определение АСУ ТП и показать ее функциональную структуру.
2. Сформулировать задачу анализа и синтеза АСР.
3. Дать определение переменным, воздействующим на технологический процесс.
4. Показать блок-схему замкнутой АСР и дать определение основных элементов системы.

### Принцип работы автоматической системы регулирования (АСР)

$F_{пр}$  - количество реакционной смеси поступающей в реактор (приток)

$F_{cm}$  - количество реакционной смеси выходящей из реактора (сток)

$L$  - уровень на заданном значении  $L_3$ .

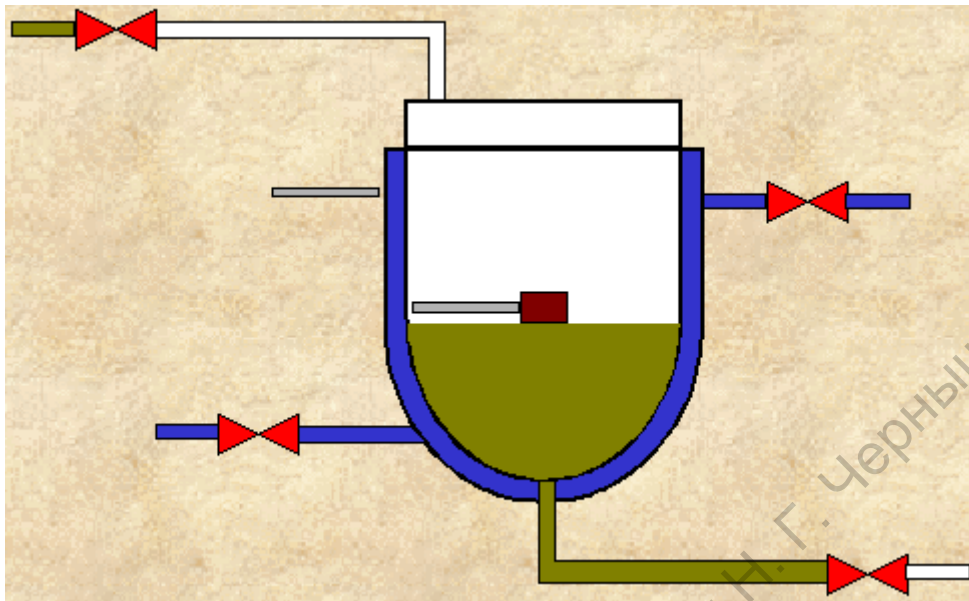


Рисунок 1

Таким образом, регулируемым параметром в данном процессе является уровень ( $L$ ), а входными переменными – изменение расхода на стоке ( $\Delta F_{cm}$ ), которое в данном примере является возмущающим воздействием и применение расхода на притоке ( $\Delta F_{np}$ ), которое является управляющим воздействием.

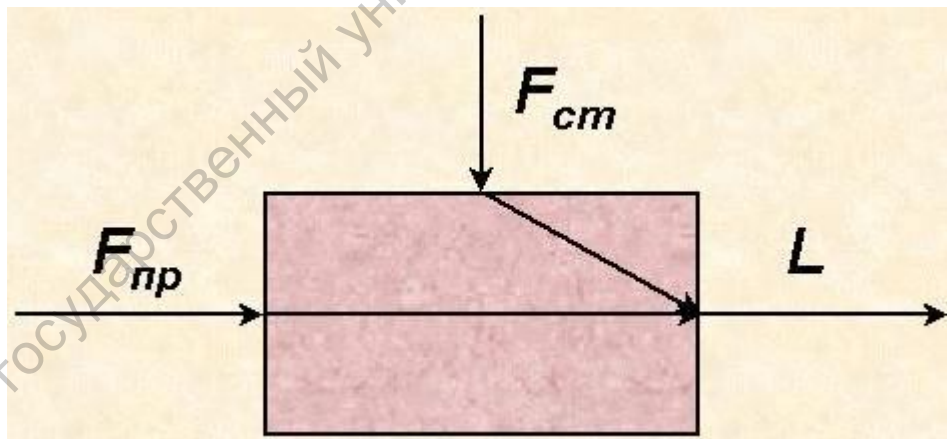


Рисунок 2

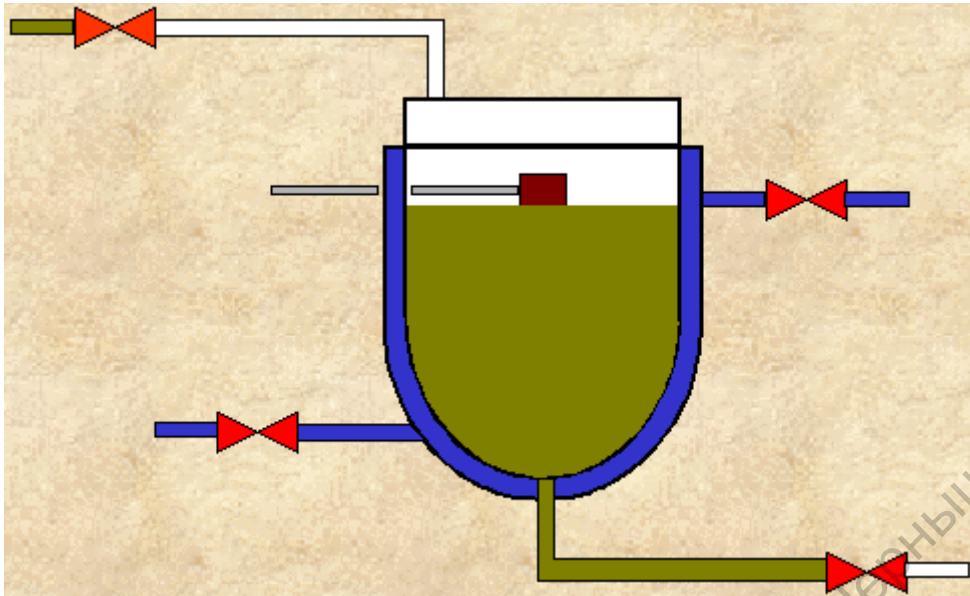
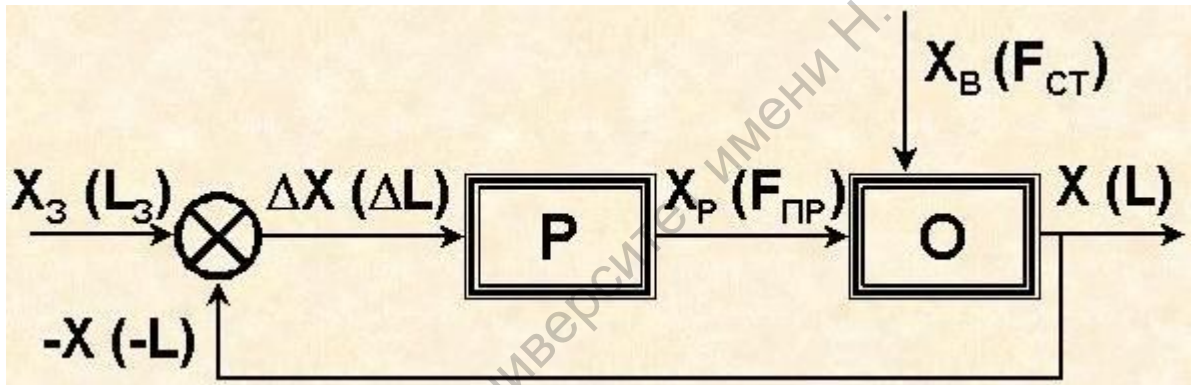


Рисунок 3



Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского



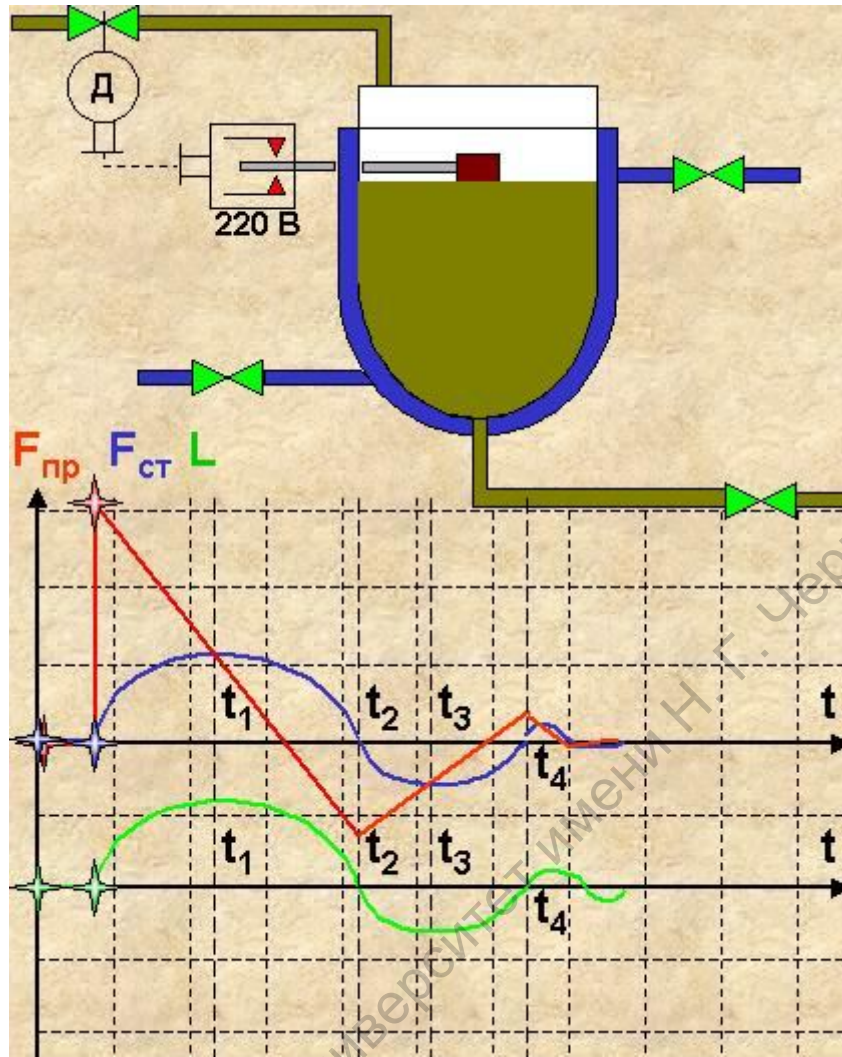


Рисунок 5

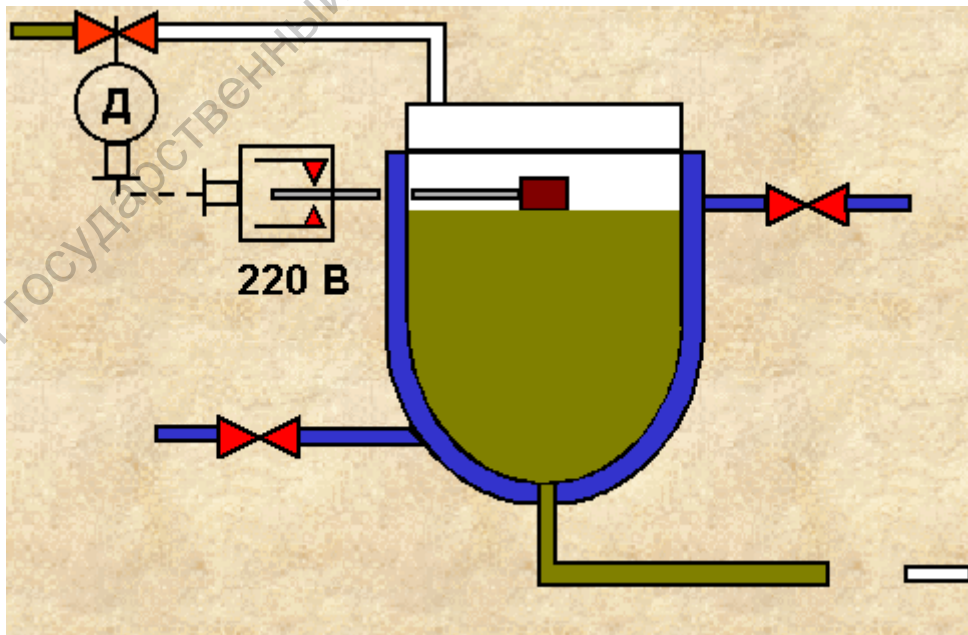


Рисунок 6

Требования к автоматическим системам регулирования

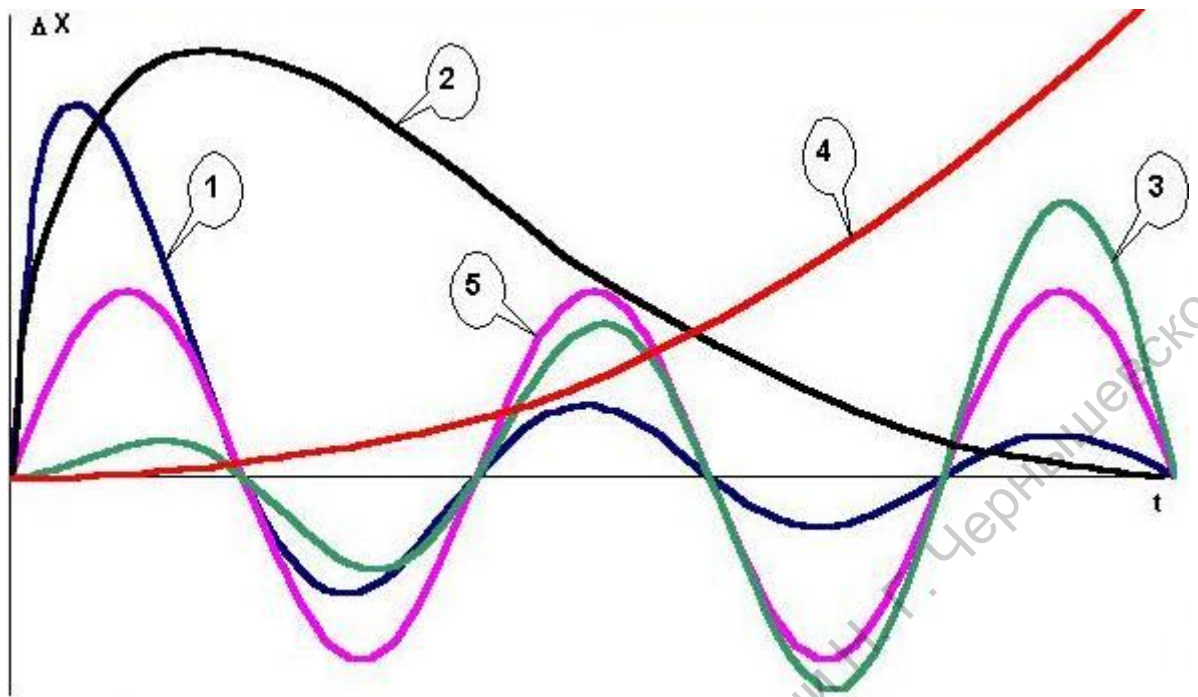


Рисунок 7

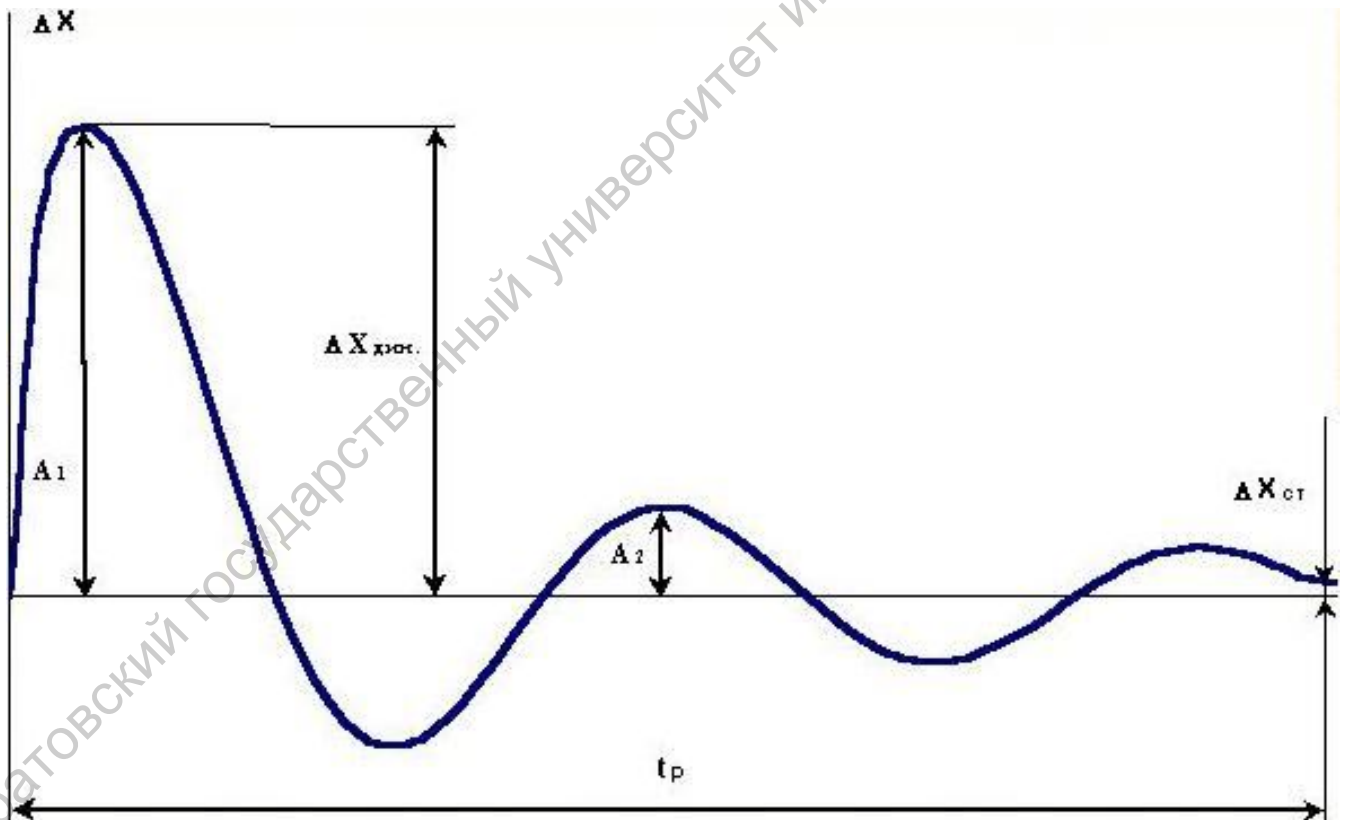


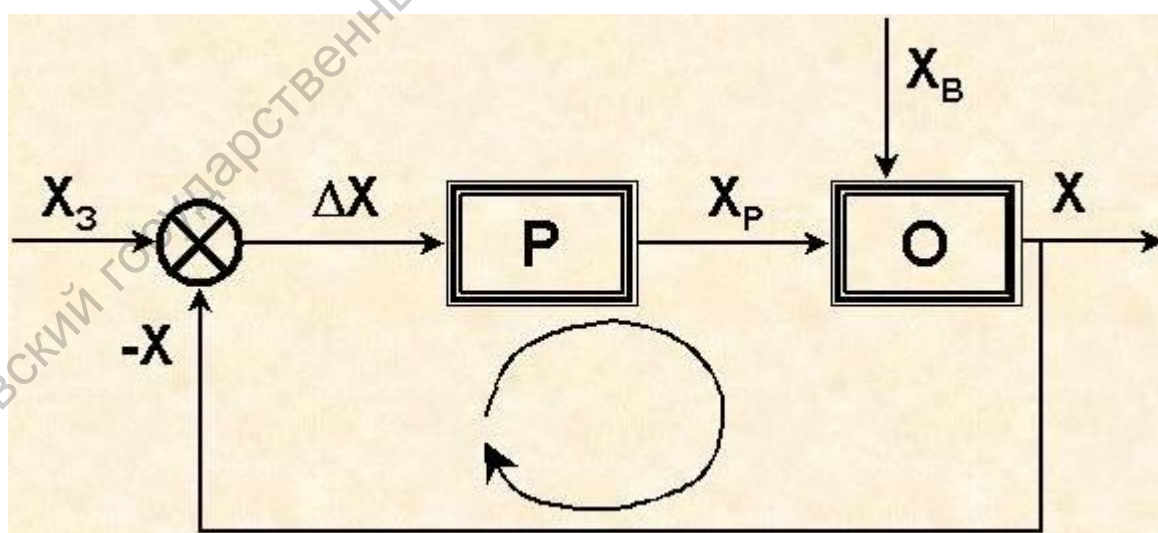
Рисунок 8

$$\psi = \frac{A_1 - A_2}{A_1}$$

*Классификация систем автоматического регулирования*



*Рисунок 9*



*Рисунок 10*

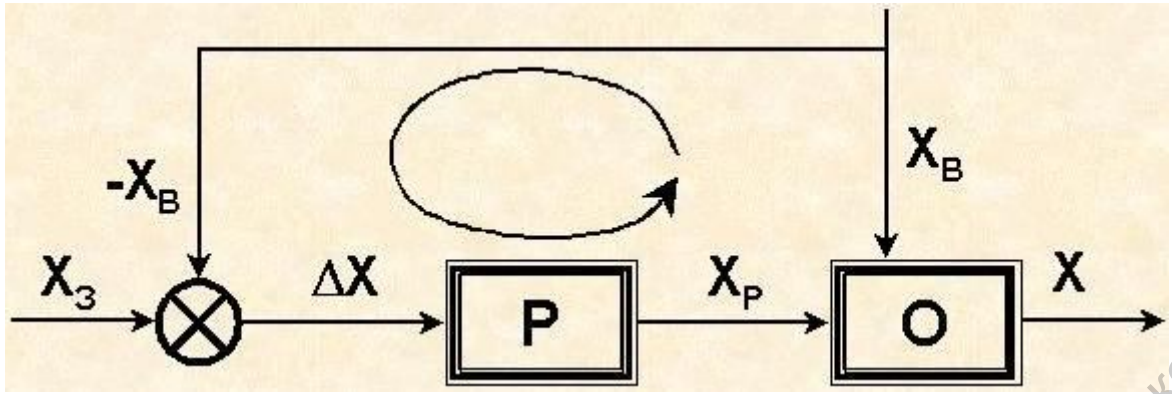


Рисунок 11

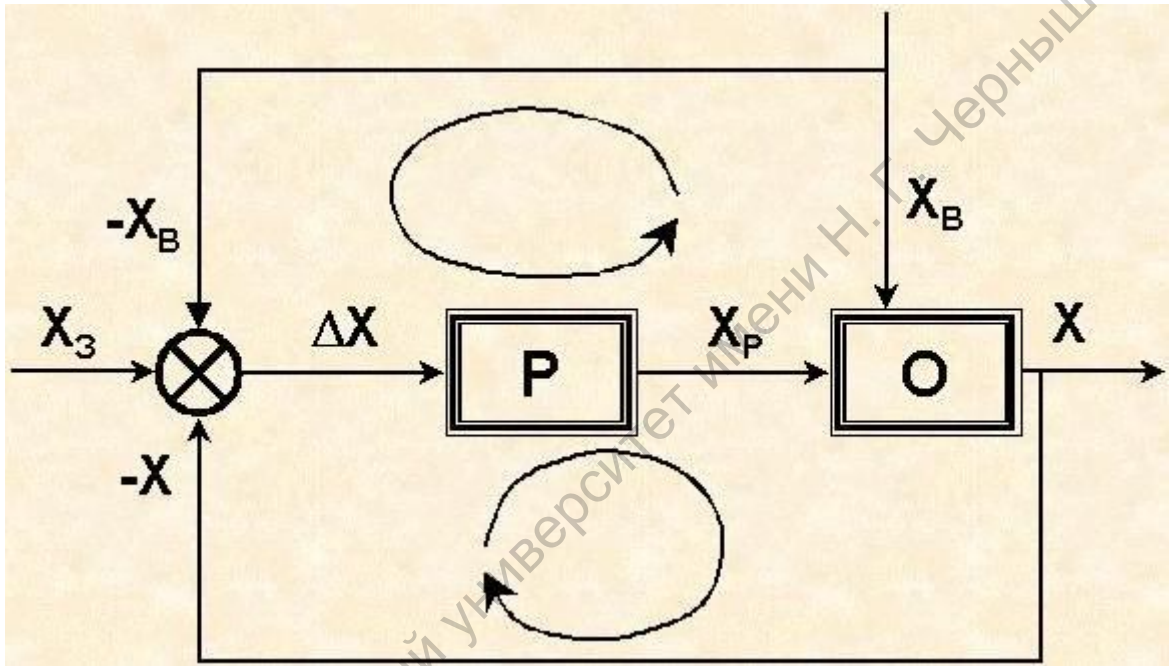


Рисунок 12

Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского

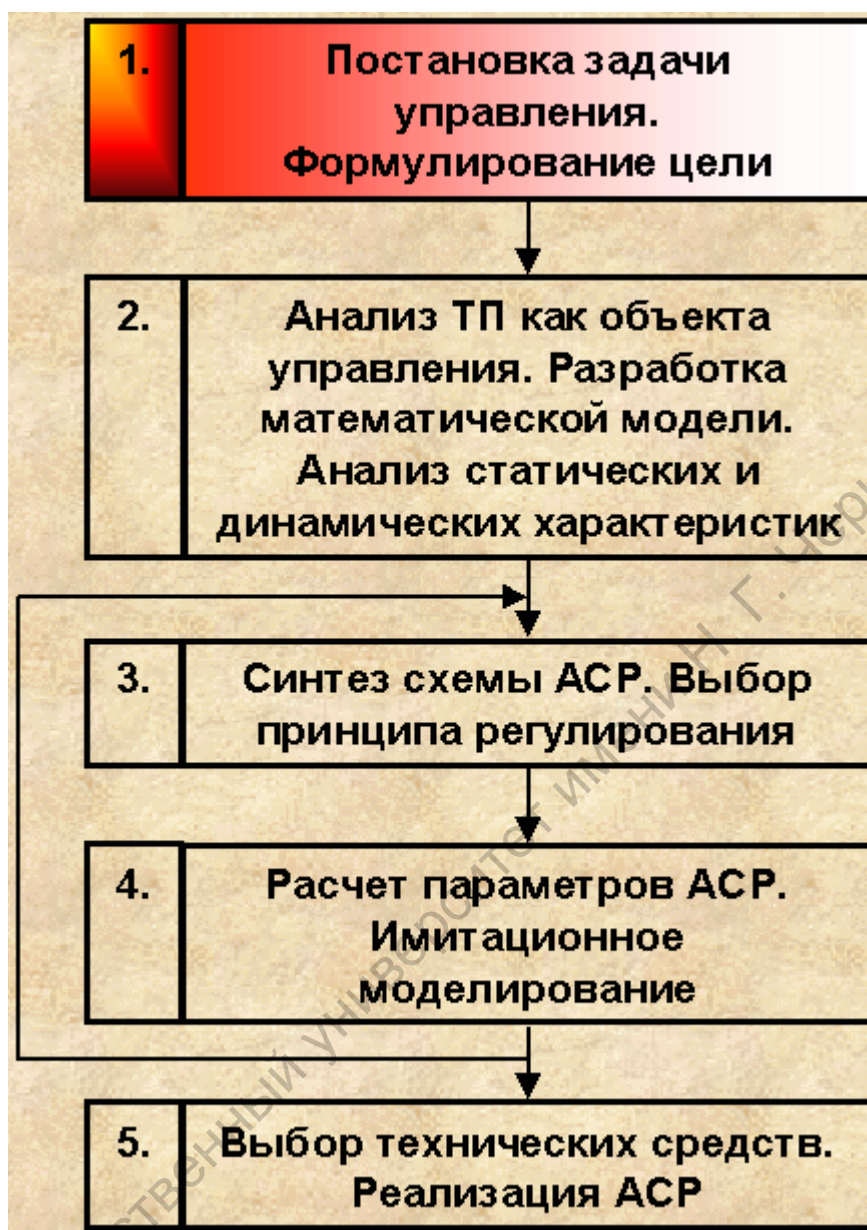


Рисунок 13

### Типовые решения автоматизации

Автоматизация процесса перемешивания

Типовая схема автоматизации процесса перемешивания.

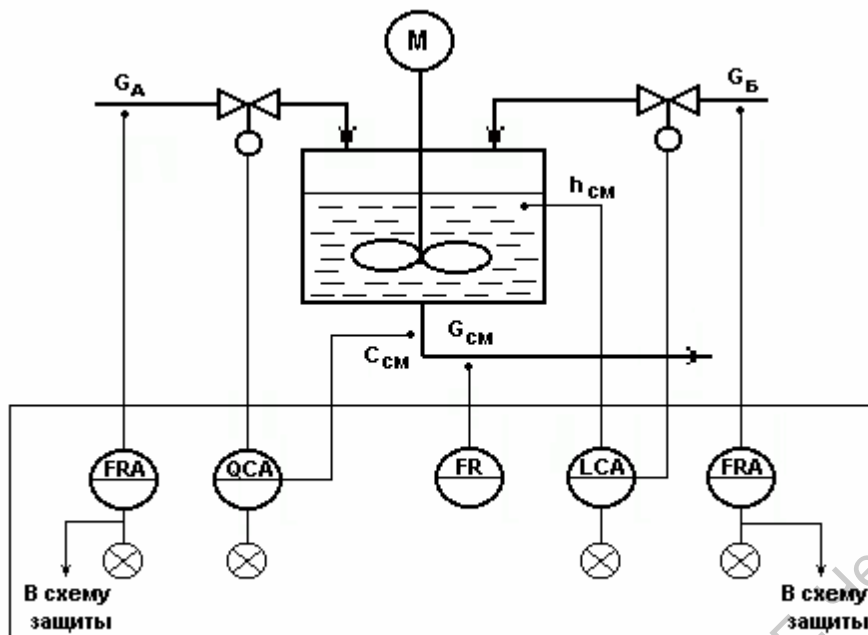


Рис.14

**Типовая схема процесса перемещения. Трубопровод как объект управления**

**Схема трубопровода как объекта управления для типовой схемы процесса перемещения жидкости.**

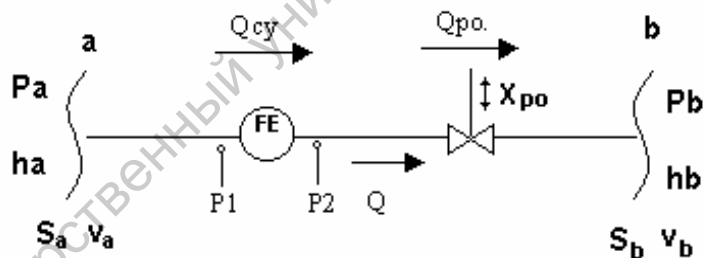


Рис.15

**Автоматизация центробежных насосов**

**Схема центробежного насоса.**

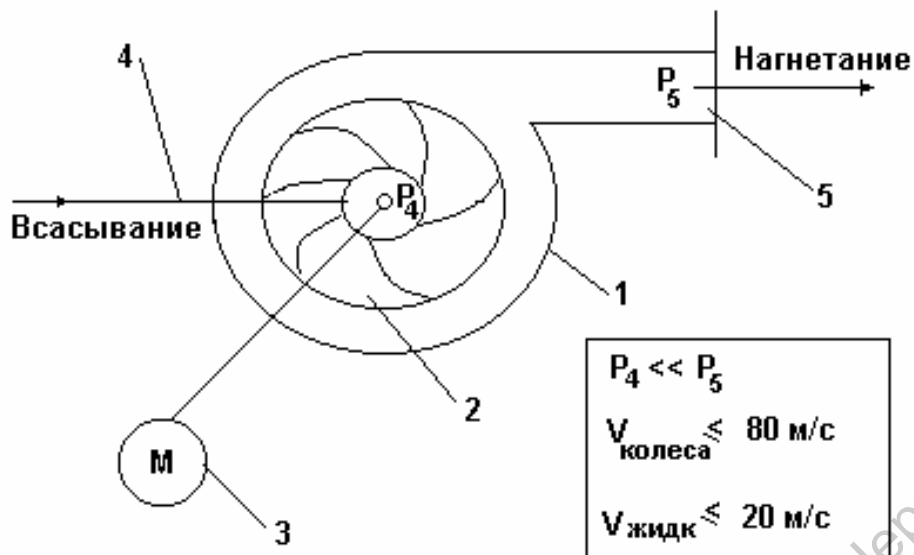


Рис.16

- 1 - корпус;
- 2 - рабочее колесо;
- 3 - привод насоса;
- 4 - линия всасывания;
- 5 - патрубок нагнетания.

**Основные характеристики центробежных насосов.**

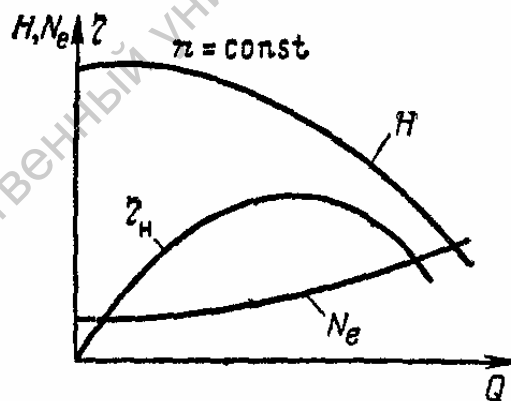


Рис.17

**Работа насосов на сеть.**

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

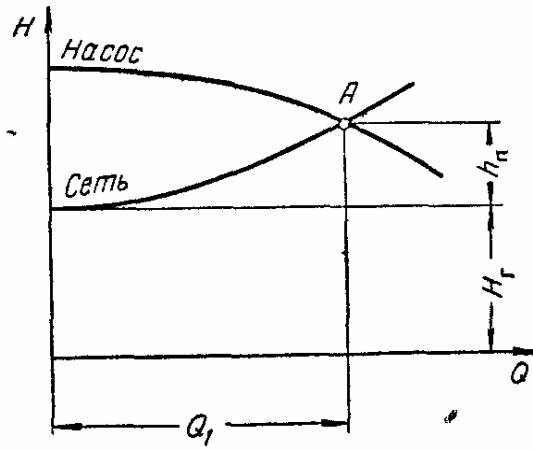


Рис.18

**Совместная работа насосов при параллельном соединении.**

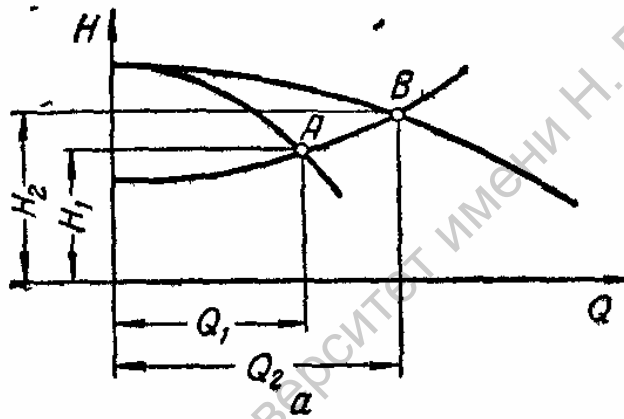


Рис.19

**Совместная работа насосов при последовательном соединении.**

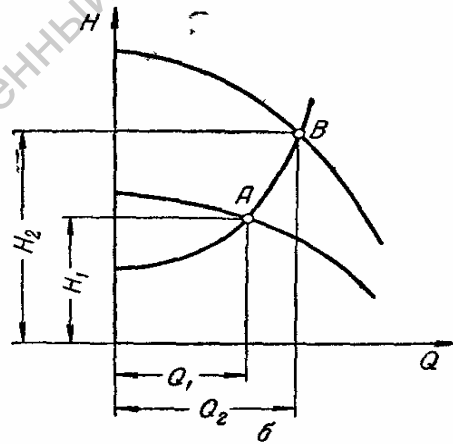


Рис. 20

**Схема регулирования на основе стабилизации  $Q_H = Q_C$  (метод дросселирования).**



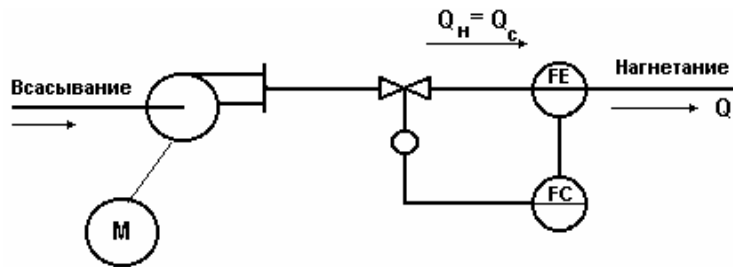


Рис.21

**Характеристики работы на сеть при регулировании подачи насоса методом дросселирования.**

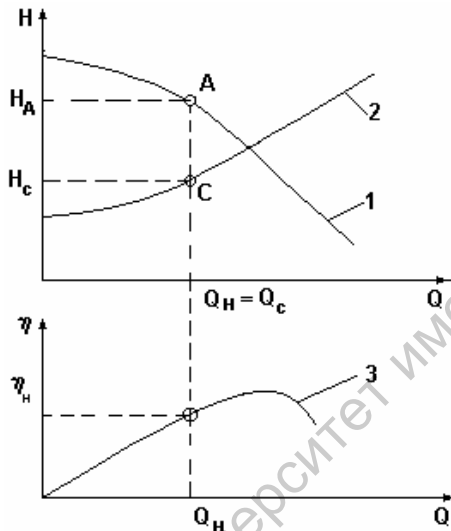


Рис.22.

**Схема регулирования на основе стабилизации  $H_H = H_c$  (метод байпасирования).**

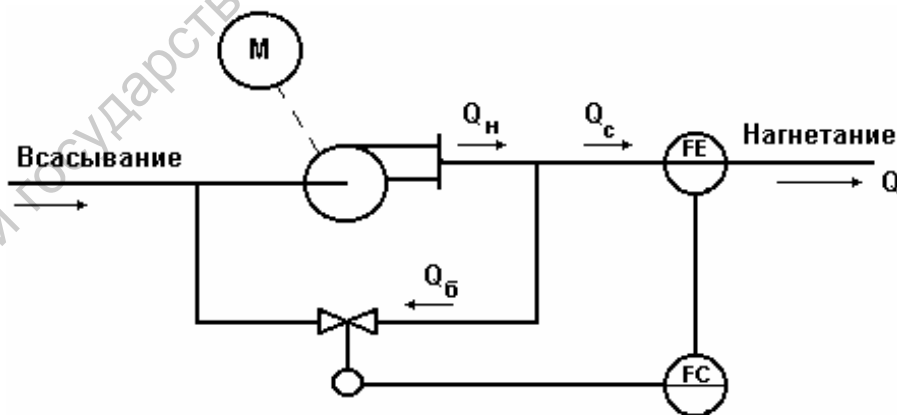


Рис. 23

**Характеристики работы на сеть при регулировании подачи насоса методом байпасирования.**

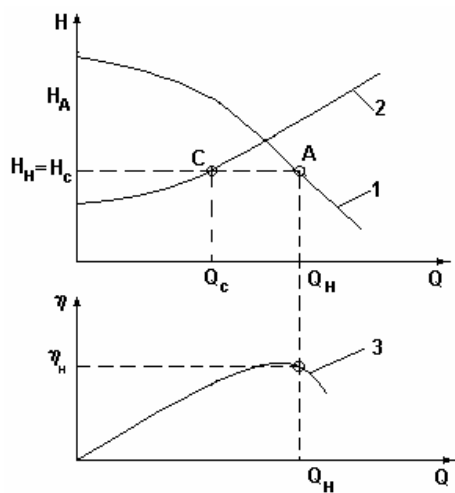


Рис.24

**Схема регулирования производительности насоса на основе стабилизации  $\eta_H = \eta_c$ .**

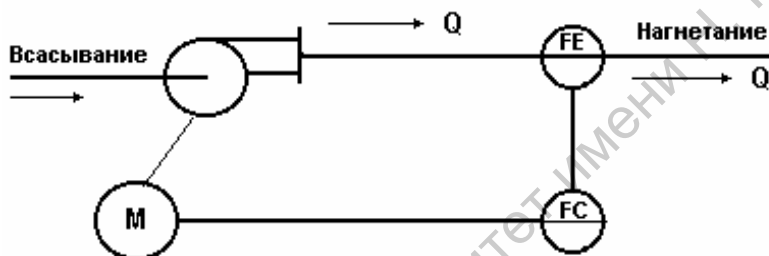


Рис.25

**Характеристики работы на сеть**

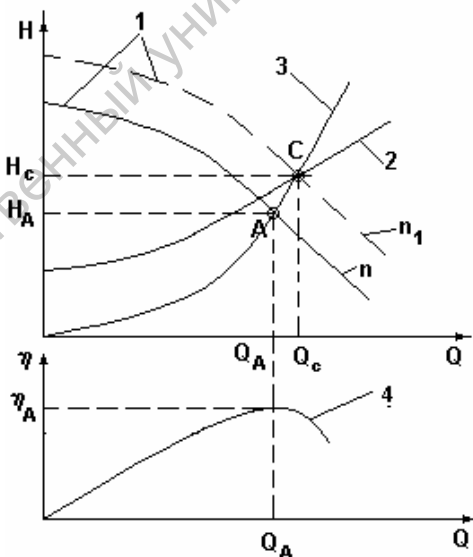


Рис.26

**Типовая схема автоматизации процесса перемещения жидкости**

центробежным насосом.

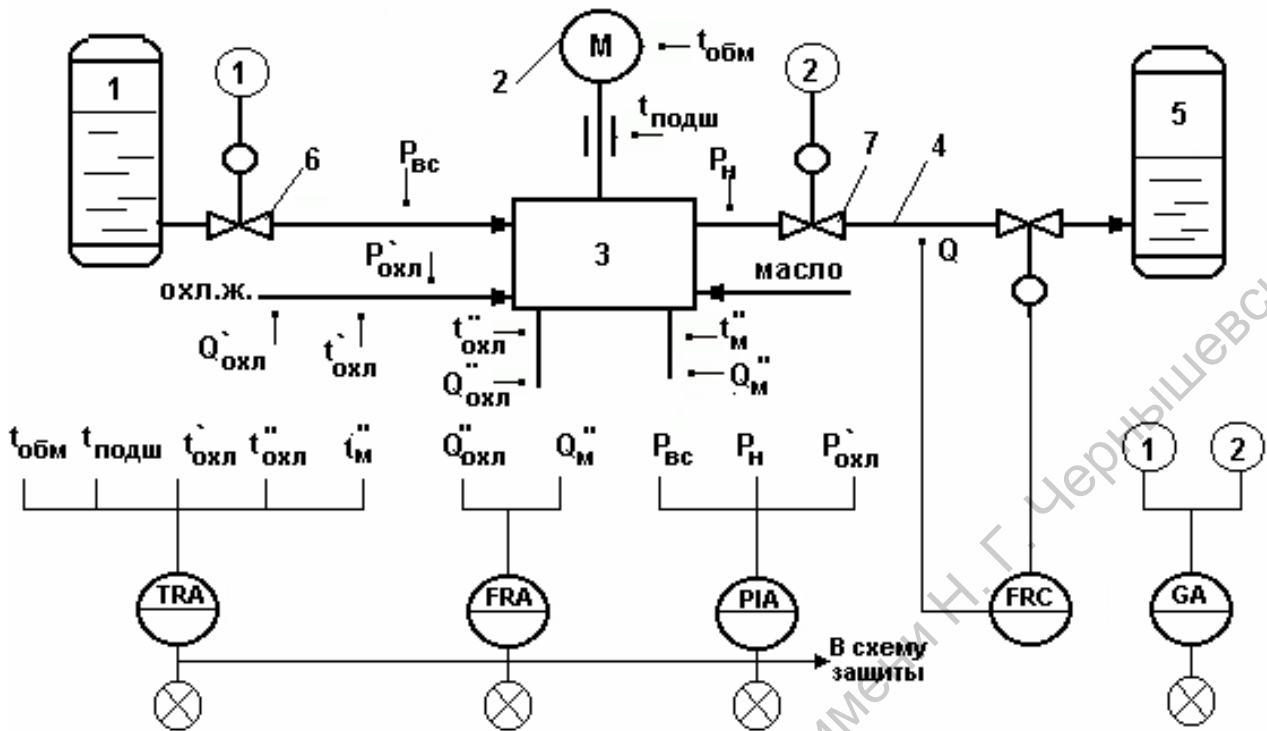


Рис. 27

### Автоматизация кожухотрубных теплообменников

Типовая схема автоматизации кожухотрубного теплообменника.

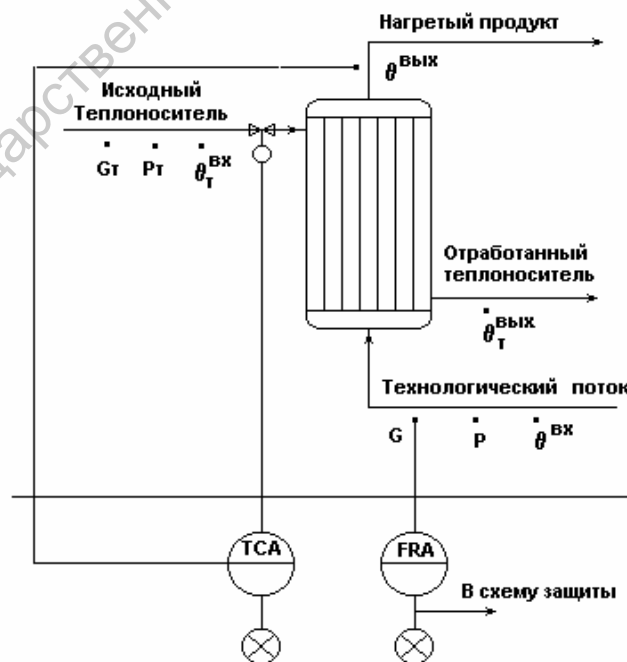


Рис.28

## Типовая схема автоматизации испарителей.

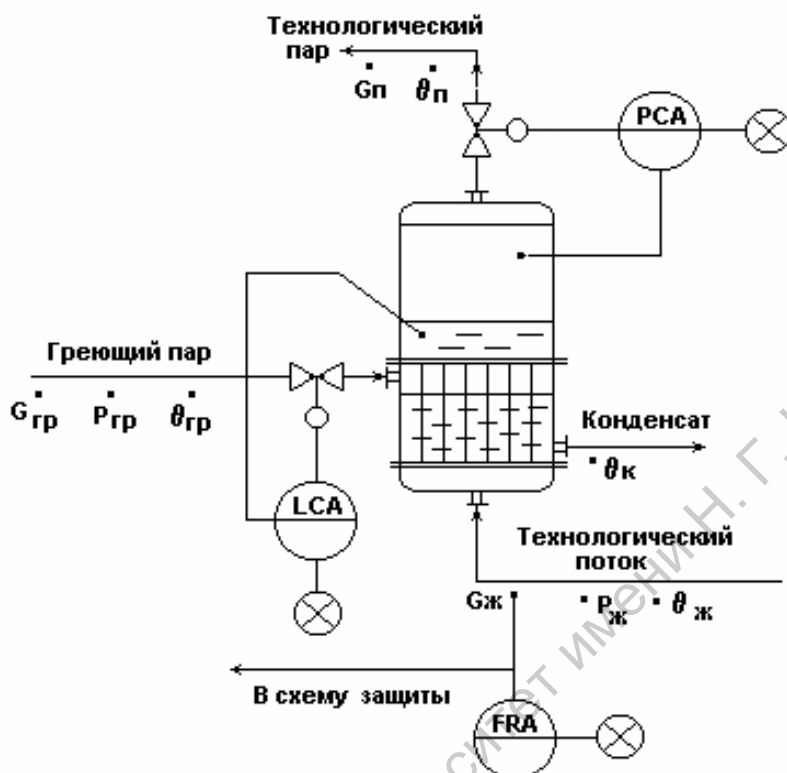


Рис.29

## Автоматизация процесса выпаривания

### Типовая схема автоматизации процесса выпаривания.

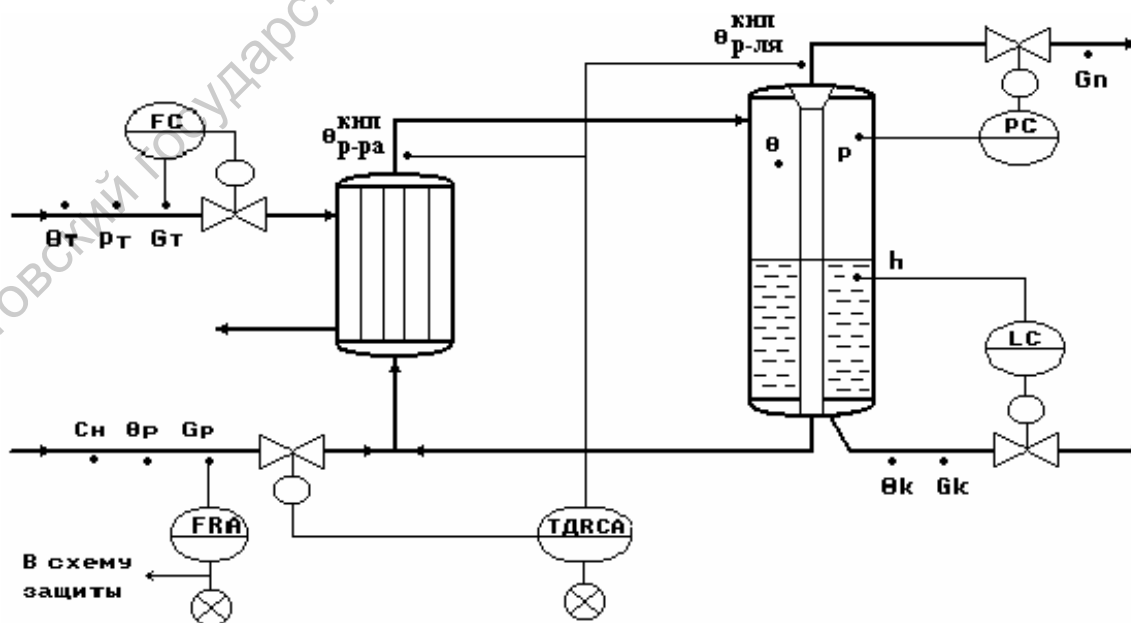


Рис.30

## Автоматизация процесса абсорбции

### Схема насадочного абсорбера.

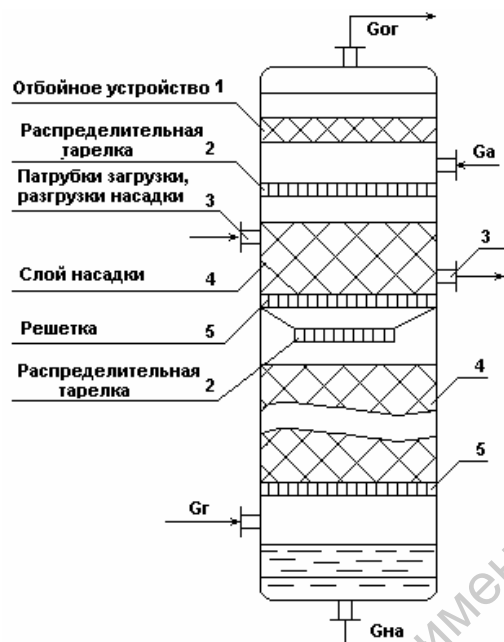


Рис.31

### Типовая схема автоматизации процесса абсорбции.

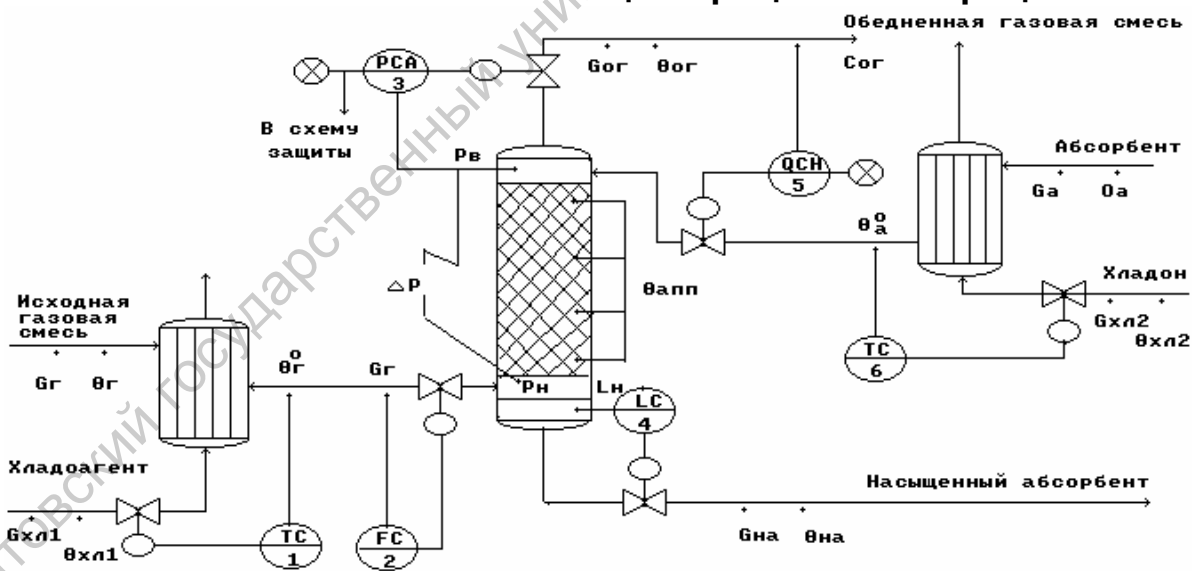


Рис. 32.

**Автоматизация процесса ректификации (ч.1)**  
**Диаграмма «Рабочая линия-линия равновесия»**  
**процесса ректификации.**

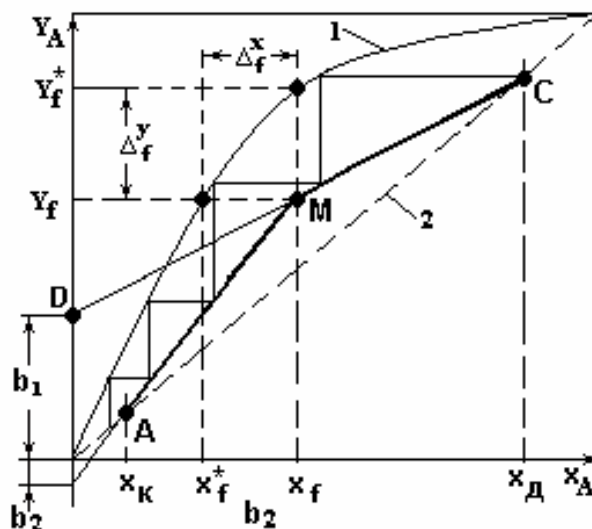


Рис.33

- 1 – равновесная линия процесса бинарной ректификации;
- 2 – Линия равных концентраций в паровой и жидкой фазах

**Структурная схема ректификационной установки.**

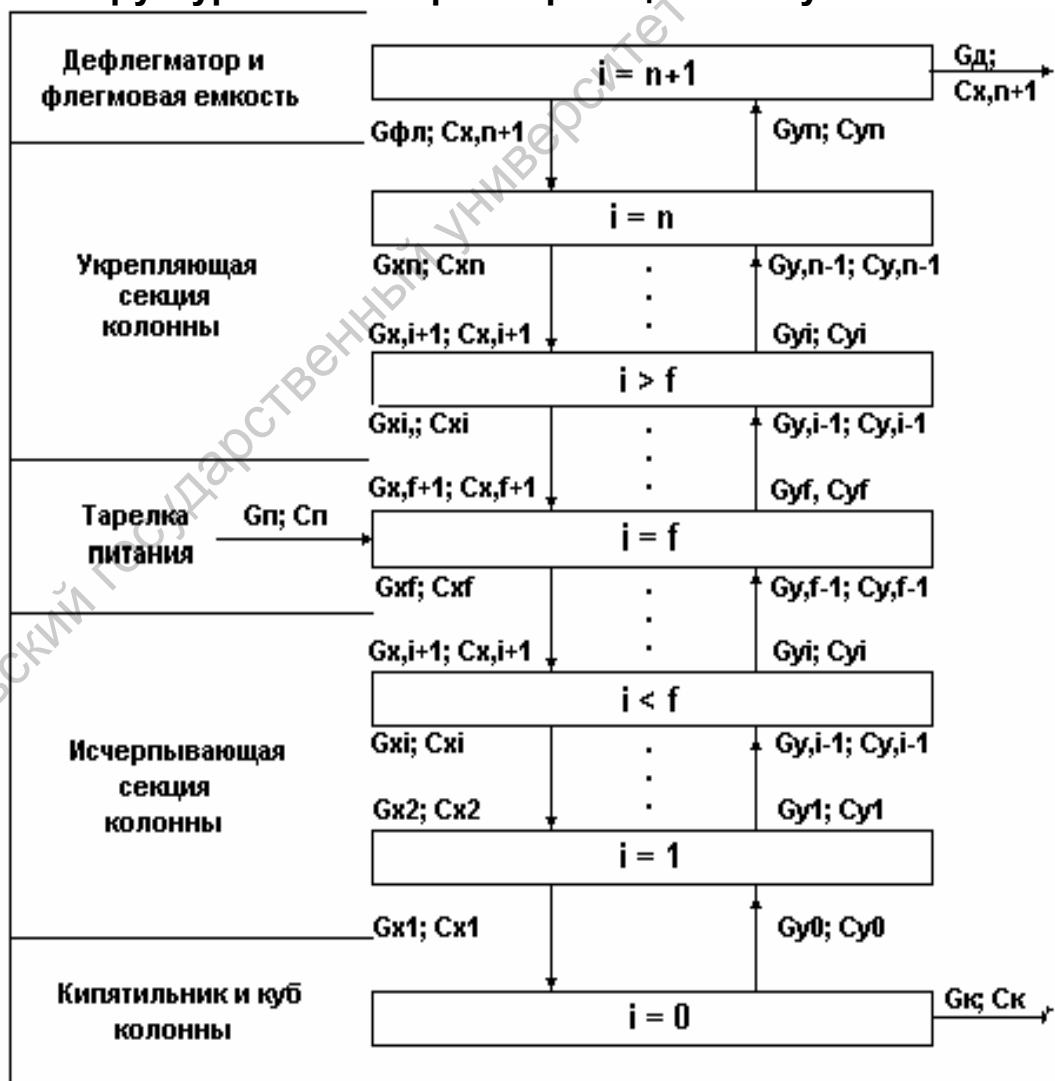


Рис.34.

**Типовая схема автоматизации процесса ректификации.**

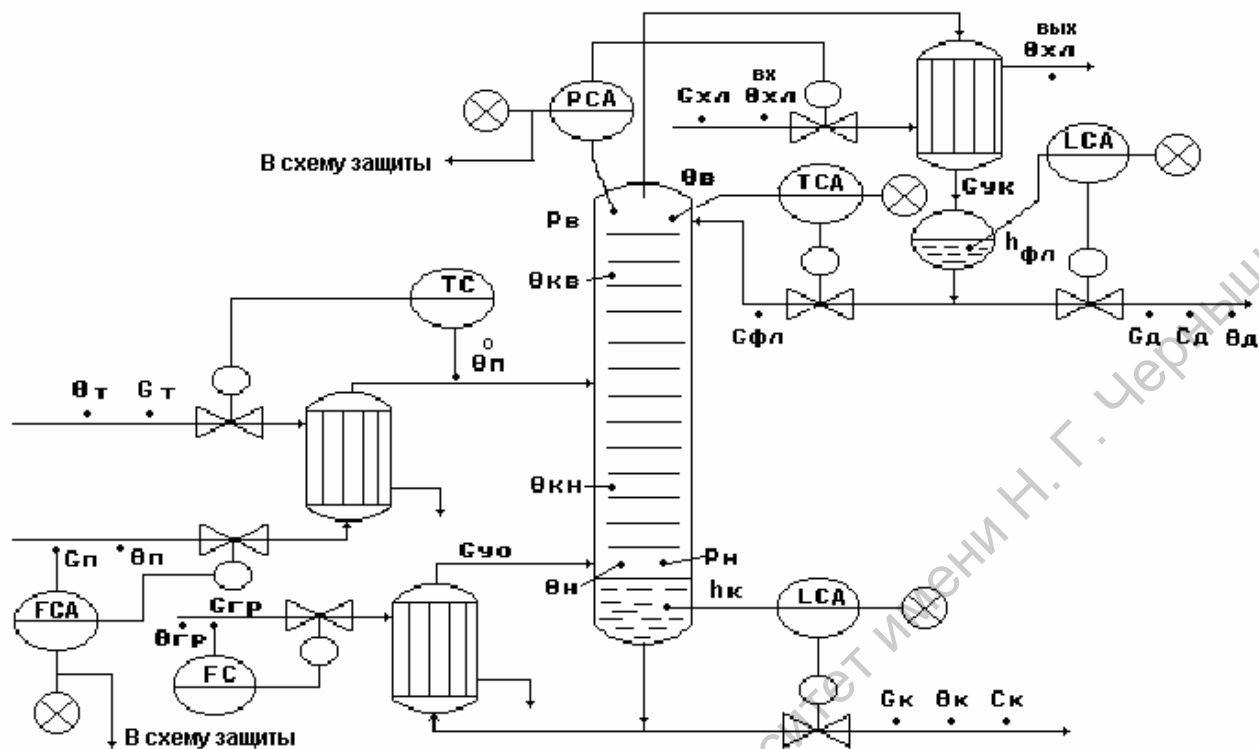


Рис.35.

**Автоматизация реакторных процессов**

**Упрощенная структурная схема химического реактора.**

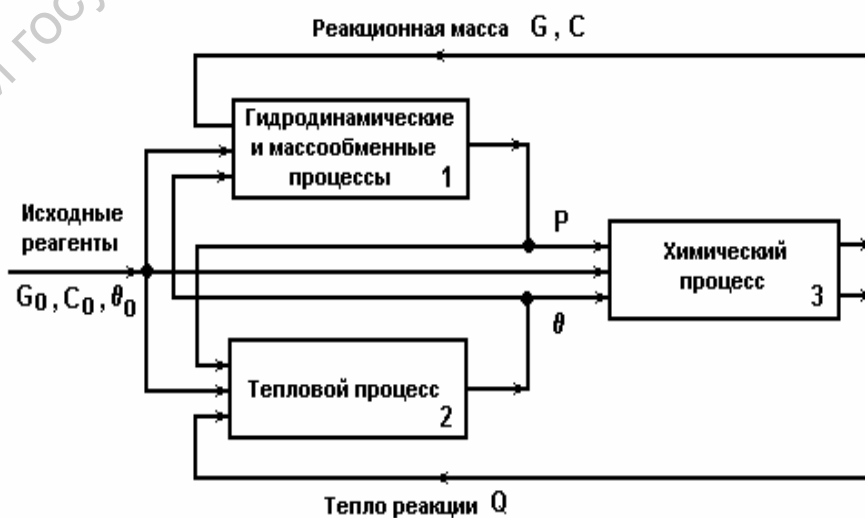


Рис.36.

### Автоматизация реакторных процессов

Схема для реакции типа  $A(ж) + B(г) \rightarrow D(г-ц.пр) + C(ж)$ .

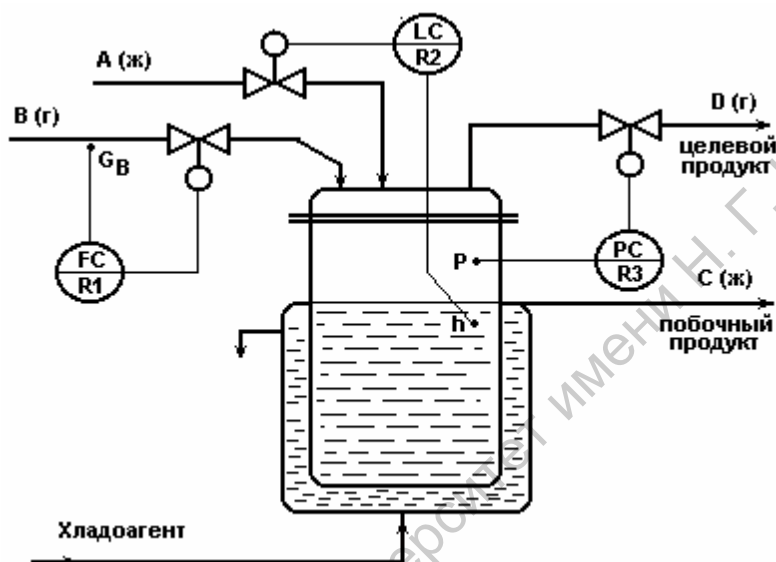


Рис.36.

Схема для реакции типа  $A(ж) + B(г) \rightarrow D(г) + C(ж-ц.пр)$ .

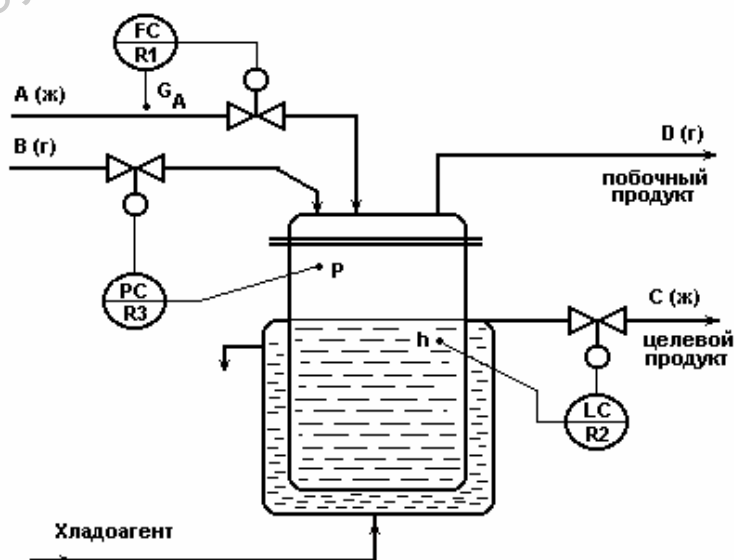




Рис.37.

Саратовский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского

**Схема автоматизации для реакции типа  
 $A(ж) + B\{V_{св}(ж) + V_{рец}(ж)\} \rightarrow C(ж-ц.пр) + B(ж).$**

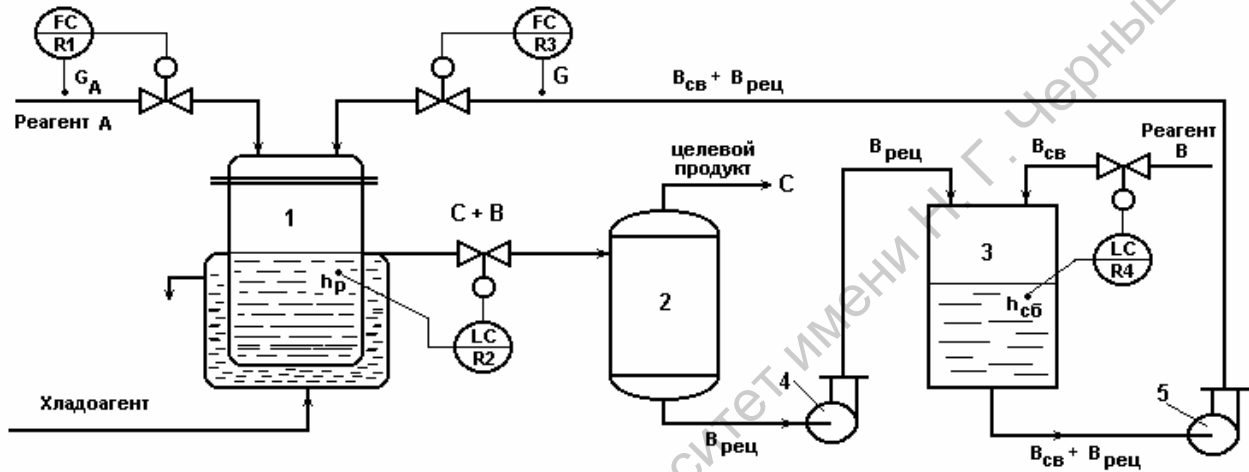


Рис.38

1- реактор; 2 - сепаратор; 3 - сборник; 4, 5 - насосы;

A, B - исходные реагенты; C - целевой продукт;  $V_{рец}$  - возвратный (рецикловый) поток реагента B;  $V_{св}$  - свежий поток реагента B.

Система регулирования концентрации  
из двух одноконтурных АСР.

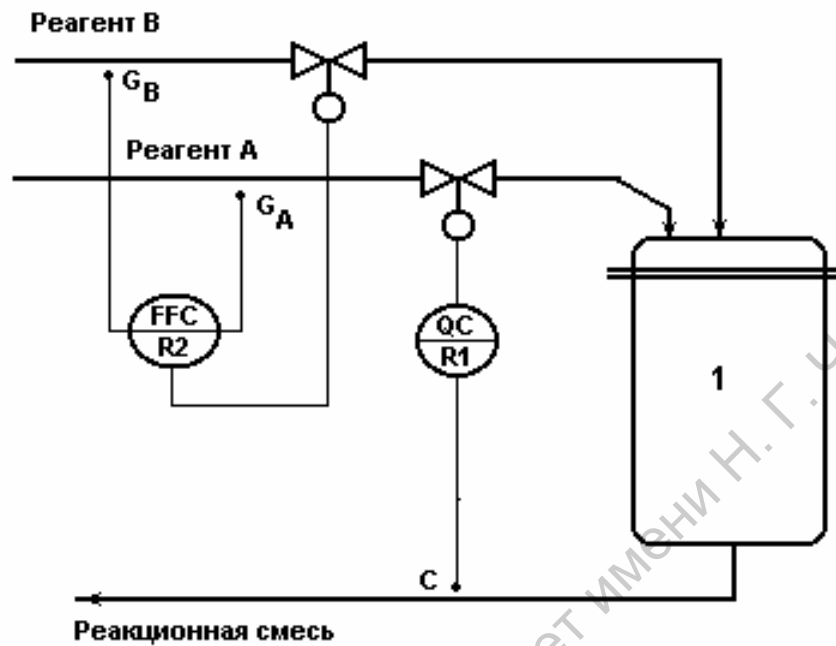


Рис.39.

Каскадная АСР концентрации со вспомогательным контуром  
стабилизации соотношения расходов исходных реагентов.

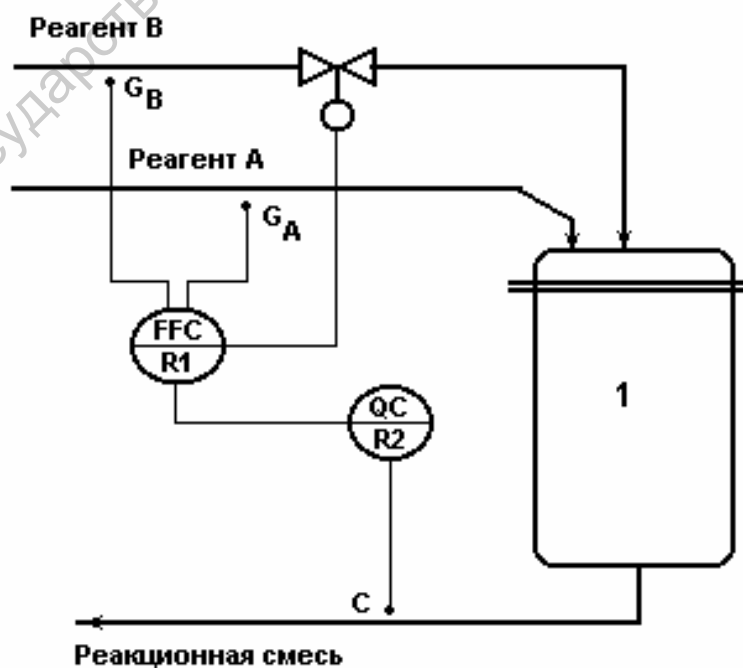


Рис.40.

*Каскадная АСР концентрации со вспомогательным контуром стабилизации температуры исходного реагента.*

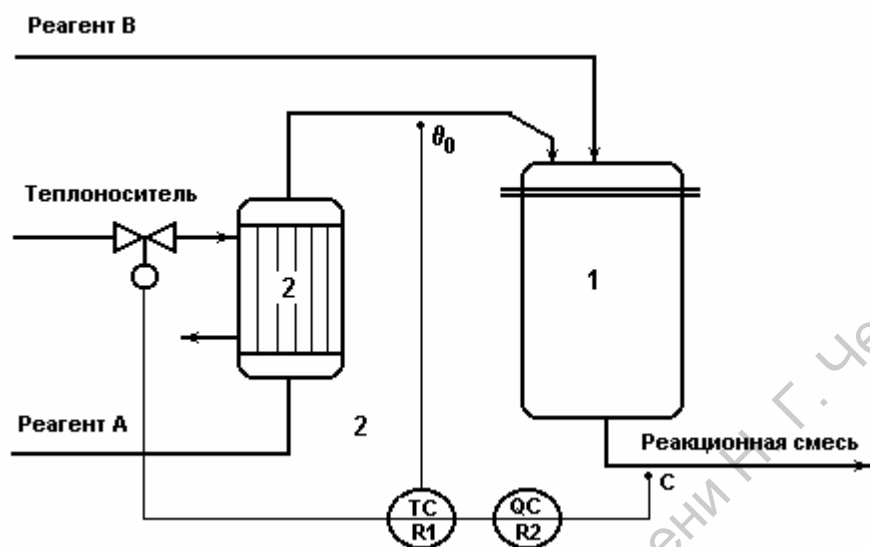


Рис.41.

**Каскадная АСР концентрации со вспомогательным контуром стабилизации температуры хладагента.**

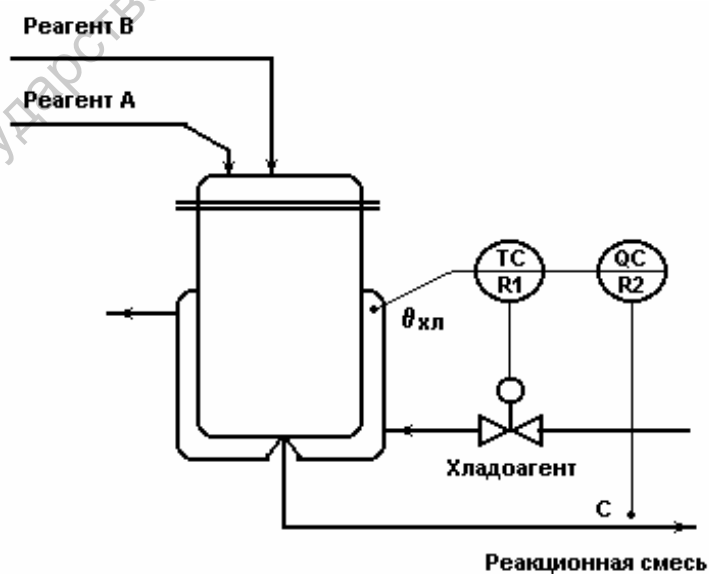


Рис.42.

Одноконтурная АСР температуры в реакторе по подаче исходного реагента.

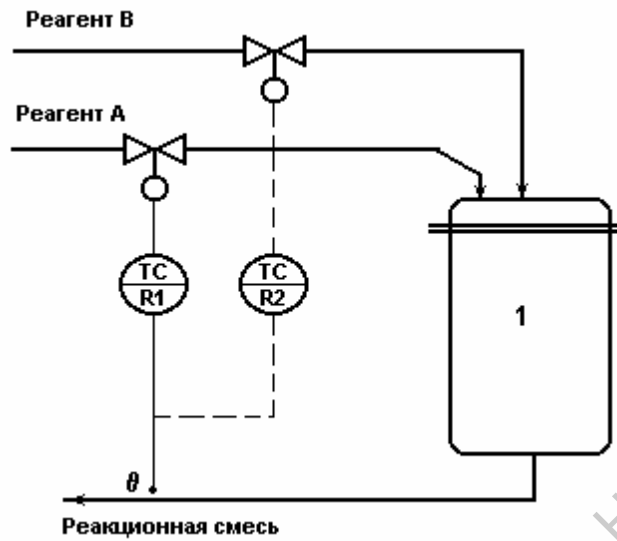


Рис.43.

Каскадная АСР температуры в реакторе со вспомогательным контуром стабилизации температуры исходного реагента.

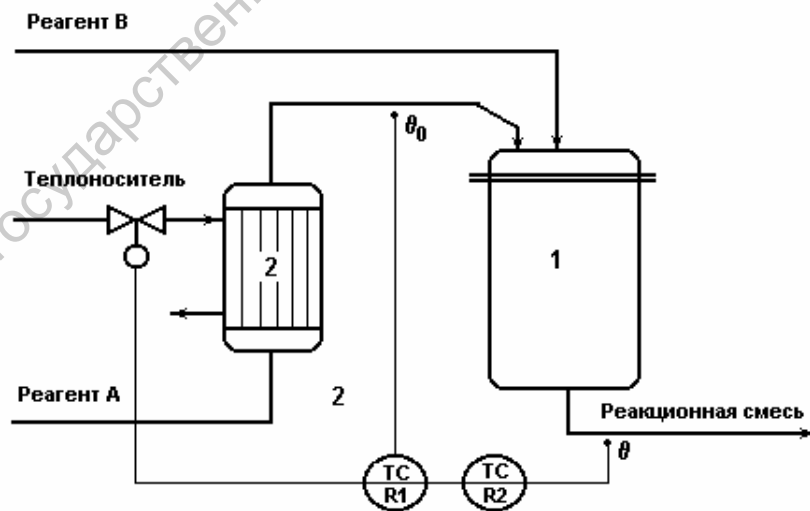


Рис.44.

**Каскадная АСР температуры в реакторе со вспомогательным контуром стабилизации температуры хладагента.**

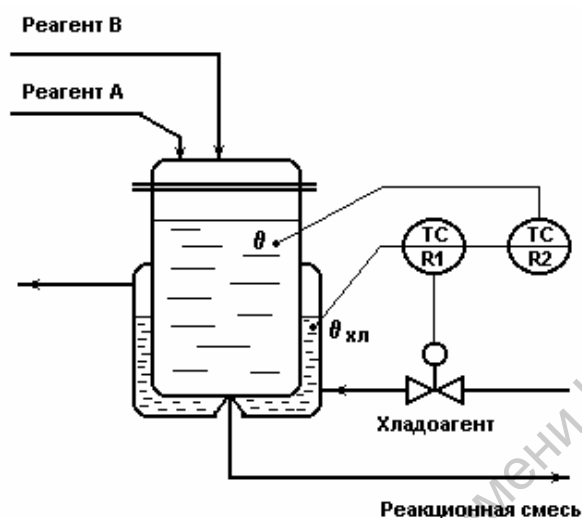


Рис.45.

**Каскадная АСР температуры в реакторе со вспомогательным контуром стабилизации давления хладагента.**

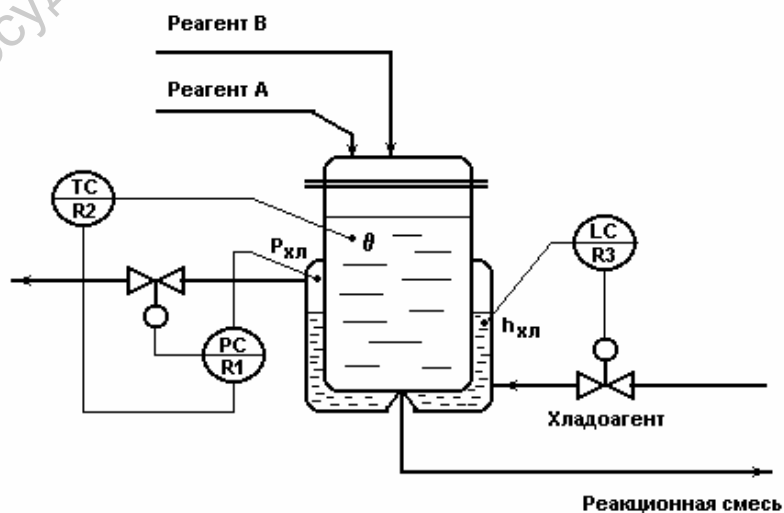


Рис.46.

ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ

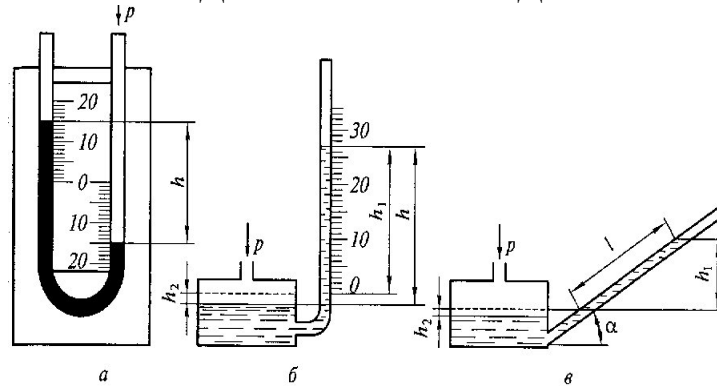


Рис.47

Жидкостные манометры:

а – U-образный; б – чашечный; в – микроманометр

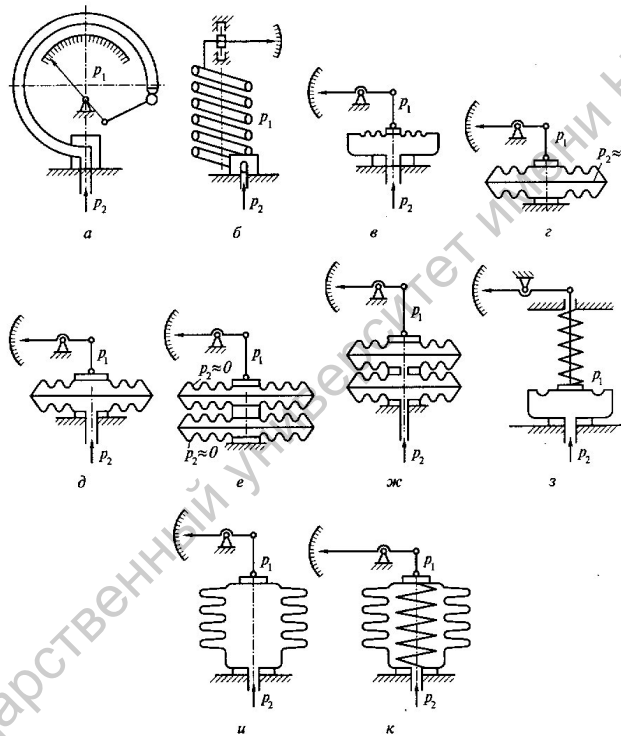


Рис.48. Деформационные чувствительные элементы средств измерения давления

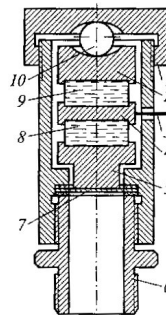


Рис.49. Конструкция преобразователя пьезоэлектрического манометра:

1 – крышка; 2, 4 и 5 – металлическая прокладка; 3 – проводник; 6 – штуцер; 7 – мембрана; 8 и 9 – пьезоэлемент; 10 – шарик

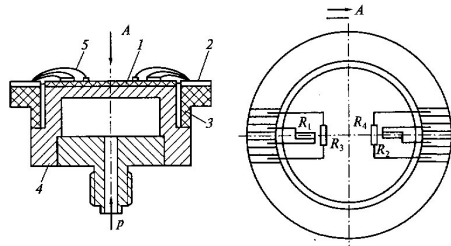


Рис.50. Конструкция тензометрического манометра:  
 1 – сапфировая пластина; 2 – сборные пластинки; 3 – кольцо из диэлектрика;

### ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ГАЗОВ

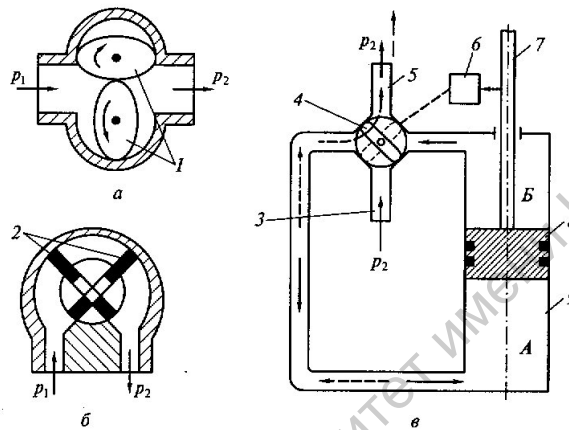


Рис.51. Конструкции обратимых насосов:  
 а – шестеренчатого; б – лопастного; в – однопоршневого; 1 – овальные лопасти; 2 – выдвижные лопасти; 3 – входной патрубок; 4 – четырехходовой кран; 5 – патрубок; 6 – механизм переключения; 7 – шток поршня; 8 – поршень; 9 – корпус; А, Б – камера

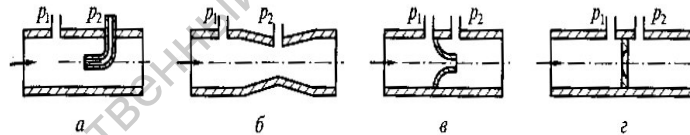


Рис.52. Конструкции расходомеров метода переменного перепада давления:  
 а – напорная трубка; б – трубка Вентури; в – сопло; г – диафрагма

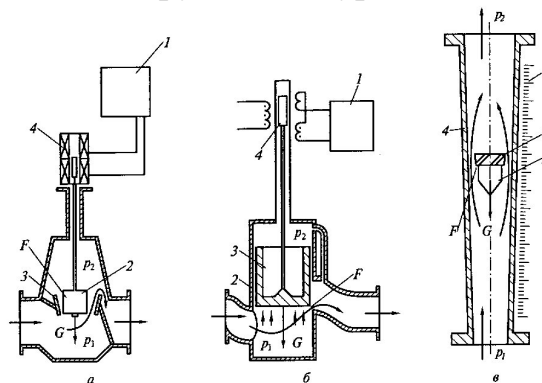


Рис.53. Конструкции расходомеров постоянного перепада давления:  
 а – поплавкового (1 – регистрирующий прибор; 2 – поплавок; 3 – коническое седло; 4 – преобразователь); б – поршневого (1 – регистрирующий прибор; 2 – корпус; 3 – поршень;



4 — преобразователь); в — ротаметра (1 — шкала; 2 — винтовая насечка; 3 — поплавок; 4 — конусная трубка)

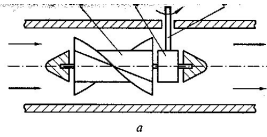


Рис.54. Расходомеры турбинного типа

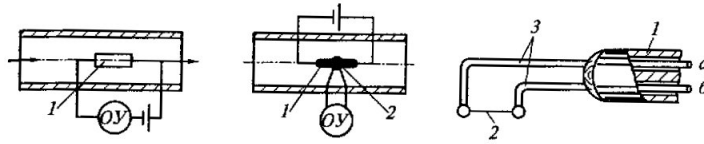


Рис.55. Тепловые расходомеры:  
1 — нить; ОУ — отсчетное устройство

### Приборы для измерения температуры

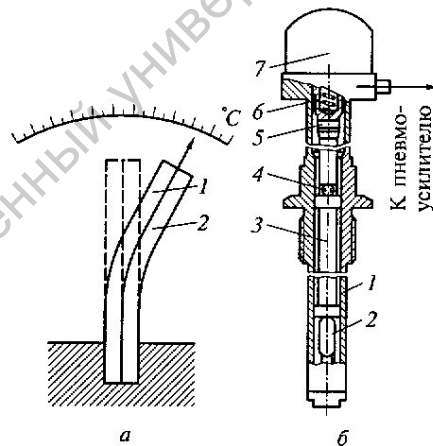


Рис. 56.. Термометры:

а — биметаллический (1 — латунь; 2 — инвар);  
б — дилатометрический (1 — корпус; 2 — стержень; 3 — трубка; 4 — шарик;  
5 — толкатель; 6 — пружина; 7 — преобразователь)

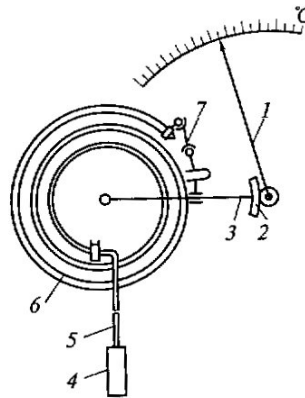


Рис. 57. Конструкция манометрического термометра:  
 1 – стрелка; 2 – сектор; 3 – поводок; 4 – термобаллон; 5 – капилляр;  
 6 – пружина; 7 – шарнирное соединение

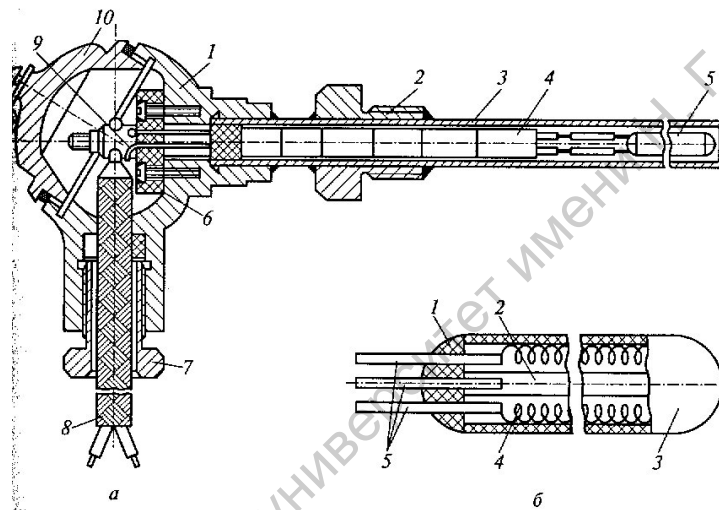


Рис. 58. Термометр сопротивления:  
 а – конструкция термометра (1 – корпус головки; 2 – штуцер; 3 – защитный кожух; 4 – фарфоровые бусы; 5 – чувствительный элемент; 6 – клеммная колодка; 7 – сальниковый ввод; 8 – монтажный кабель; 9 – провода; 10 – крышка); б – конструкция его чувствительного элемента (1 – глазурь; 2 – пространство; 3 – каркас; 4 – платиновые спирали; 5 – выводы)

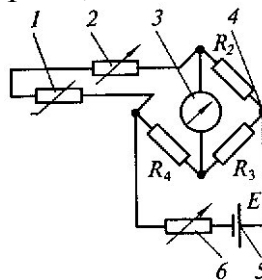


Рис. 59. Схема включения термометра сопротивления:  
 1 – терморезистор; 2 – уравнильный резистор  $R_A$ ;  
 3 – гальванометр; 4 – измерительный мост с резисторами  $R_1, R_2, R_3, R_4, R_A$ ; 5 – источник питания; 6 – регулировочный резистор  $R_0$

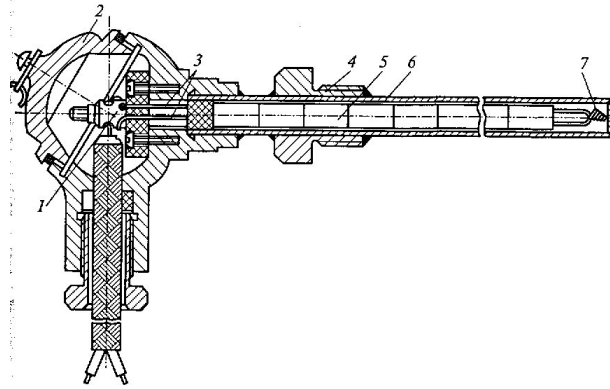


Рис. 60. Конструкция термоэлектрического термометра:  
 1 – контактное устройство; 2 – головка; 3 – термоэлектроды; 4 – штуцер; 5 – керамические трубки; 6 – защитный кожух; 7 – термопара

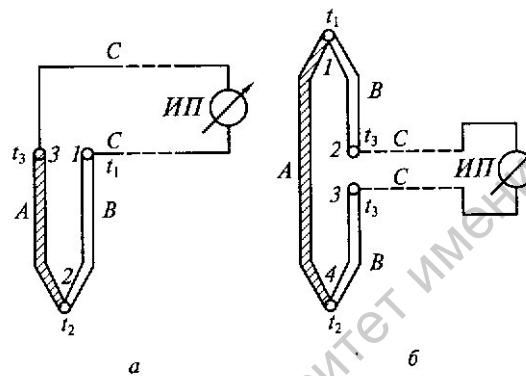


Рис. 61. Схемы включения измерительного прибора:  
 а: 1 и 3 – холодный спай; 2 – горячий спай;  
 б: 1 – холодный спай; 2 и 3 – нейтральный спай; 4 – горячий спай

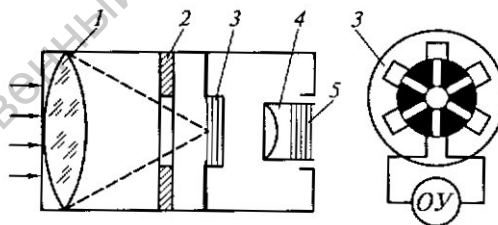


Рис. 62. Схема радиационного пирометра:  
 1 – линза; 2 – диафрагма; 3 – приемник излучения; 4 – окуляр; 5 – фильтр; ОУ – отсчетное устройство