

**Министерство образования и науки Российской Федерации**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Ивановский государственный химико – технологический университет**

**Кафедра технической кибернетики и автоматики**

**«Разработка системы управления узлом подготовки реакционной смеси с применением САР соотношения расходов»**

**Подготовил: ст. гр. 4 – 35 Полянин С.В.**

**Руководитель: доц., к.т.н. Невиницын В.Ю.**

# Цель и задачи работы:

- Цель: разработка системы управления узлом подготовки реакционной смеси с применением САР соотношения расходов, анализ технологического процесса как объекта управления.
- Задачи:
  1. Охарактеризовать технологический процесс.
  2. Разработать функциональную схему системы автоматизации.
  3. Разработать структурную схему системы управления.
  4. Разработать модель объекта управления.
  5. Провести алгоритмический и параметрический синтез системы управления.
  6. Разработать программные средства моделирования.
  7. Осуществить моделирование системы управления с целью уточнения настроек регулятора, установление факта устойчивости, инвариантности, ковариантности и грубости.
  8. Провести анализ результатов моделирования, сформулировать выводы и рекомендации по реализации системы управления.
  9. Разработка схемы автоматизации и выбор комплекса технических средств АСУТП.

# Технологическая схема объекта управления

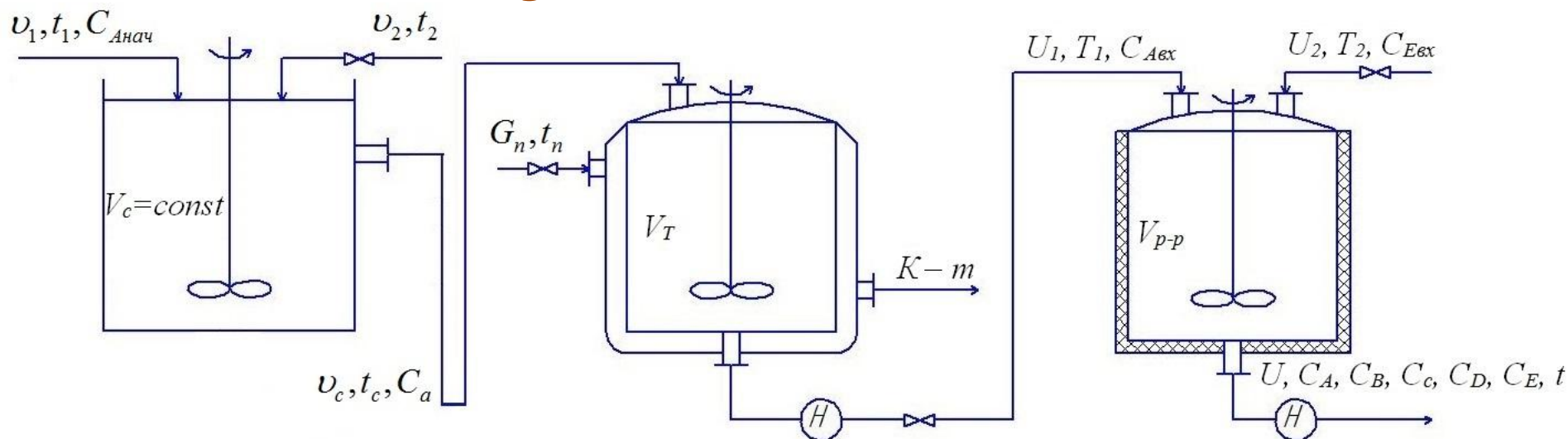


Рис. 1. Технологическая схема процесса получения целевого продукта с заданной концентрацией

## Назначение и цель объектов:

**Смеситель:** получение смеси с заданным значением концентрации, путем смешения двух потоков жидкости.

**Теплообменник:** нагрев жидкости до заданной температуры.

**Реактор:** проведение хим. реакции.

# Математическое описание объектов

- Математическая модель смесителя с истечением жидкости путем организации сообщающихся сосудов

$$\begin{cases} V_c \frac{dC_a}{d\tau} = v_1 C_{A_{вх}} - (v_1 + v_2) C_a \\ V_c \frac{dt_c}{d\tau} = v_1 t_1 + v_2 t_2 - (v_1 + v_2) t_c \end{cases}$$

Начальные условия:

$$C_a|_{\tau=0} = C_a^0, t_c|_{\tau=0} = t_c^0$$

- Математическая модель теплообменника с паровой рубашкой

$$V_T \frac{dT_1}{d\tau} = v_c t_c - U_1 T_1 + \frac{K_m F_m}{C_p \rho} (t_n - T_1)$$

Начальные условия:

$$T_1|_{\tau=0} = T_1^0$$

- Математическая модель реактора

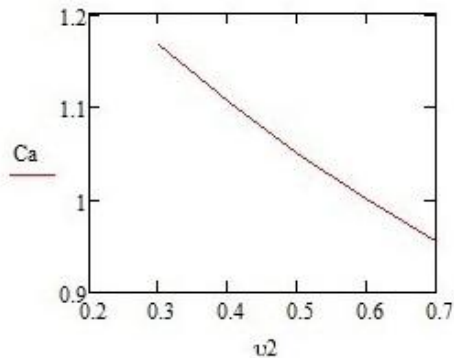
$$\begin{cases} V_{P-P} \frac{dC_A}{d\tau} = U_1 C_{A_{вх}} - (U_1 + U_2) C_A + V(-K_1 C_A C_E) \\ V_{P-P} \frac{dC_E}{d\tau} = U_2 C_{E_{вх}} - (U_1 + U_2) C_E + V(-K_1 C_A C_E) \\ V_{P-P} \frac{dC_B}{d\tau} = V(K_1 C_A C_E - K_2 C_B) - (U_1 + U_2) C_B \\ V_{P-P} \frac{dC_C}{d\tau} = V(K_2 C_B - K_3 C_C + K_4 C_D) - (U_1 + U_2) C_C \\ V_{P-P} \frac{dC_D}{d\tau} = V(K_3 C_C - K_4 C_D) - (U_1 + U_2) C_D \\ V_{P-P} \frac{dt}{d\tau} = U_1 T_1 + U_2 T_2 - \frac{V \Delta H}{C_p \rho} | -K_1 C_A C_E | - (U_1 + U_2) t \end{cases}$$

Начальные условия:

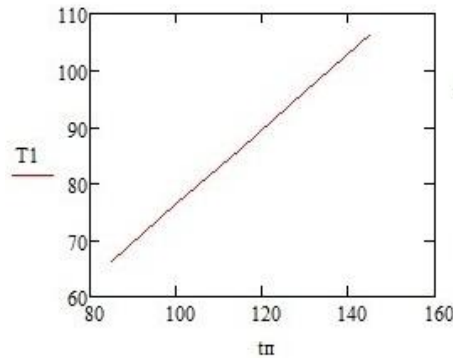
$$t|_{\tau=0} = t^0, C_A|_{\tau=0} = C_A^0, C_B|_{\tau=0} = C_B^0, \\ C_C|_{\tau=0} = C_C^0, C_D|_{\tau=0} = C_D^0, C_E|_{\tau=0} = C_E^0$$

# Статические и динамические характеристики объектов по различным каналам управления

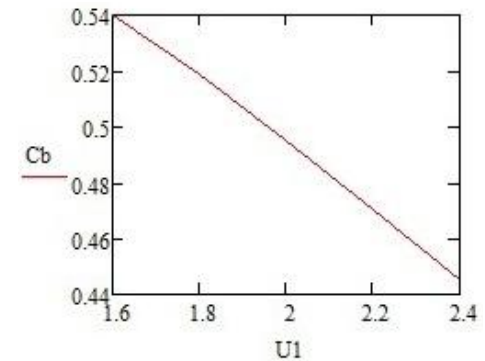
## Смеситель



## Теплообменник

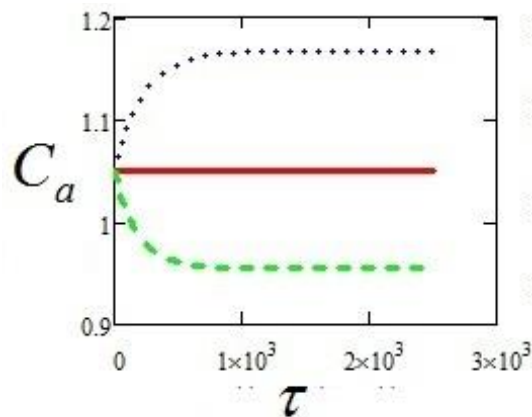


## Реактор

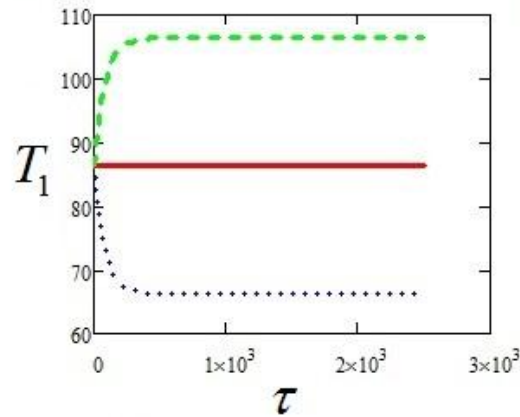


**Рис. 2. Статические характеристики объектов по каналам управления**

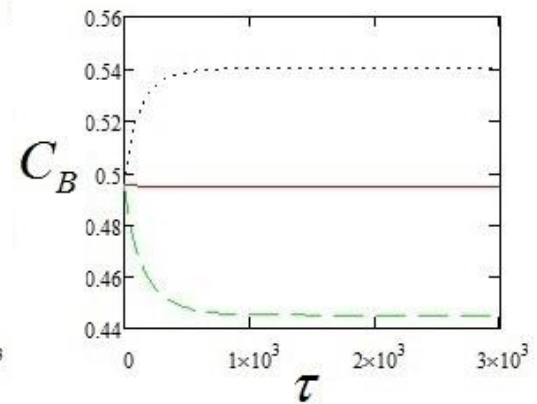
$$\Delta v_2 = \pm 0.2 \text{ л / мин}$$



$$\Delta t_n = \pm 30^\circ \text{ C}$$



$$\Delta U_1 = \pm 0.4 \text{ л / мин}$$



**Рис. 3. Динамические характеристики объектов по каналам управления**

# Значения коэффициентов передачи и постоянных времени по различным каналам

## Смеситель Реактор

Канал	Средние результаты		
	$K_{об}^{разм}$	$K_{об}^{безр}$	T
$v_1 \rightarrow C_a$	0.18175	0.2595	285
$v_2 \rightarrow C_a$	-0.53	-0.2522	235
$C_{Авх} \rightarrow C_a$	0.75	1	235
$v_1 \rightarrow t$	-1.302125	-0.07095	285
$v_2 \rightarrow t$	3.78725	0.0689	285
$t_1 \rightarrow t$	0.75	0.682	235
$t_2 \rightarrow t$	0.25	0.318	235

## Теплообменник

Канал	Средние результаты		
	$K_{об}^{разм}$	$K_{об}^{безр}$	T
$v_c \rightarrow T_1$	-9.682	-0.2205	130
$t_c \rightarrow T_1$	0.328	0.104	130
$t_{д} \rightarrow T_1$	0.672	0.896	130

Канал	Средние результаты		
	$K_{об}^{разм}$	$K_{об}^{безр}$	T
$T_1 \rightarrow C_B$	0	0	-
$U_1 \rightarrow C_B$	-0.119	-0.48	150
$T_2 \rightarrow C_B$	0	0	-
$U_2 \rightarrow C_B$	0.17	0.172	425
$C_{Авх} \rightarrow C_B$	0.398	0.845	360
$C_{Евх} \rightarrow C_B$	0.032	0.509	425

# Упрощенная схема системы автоматизации

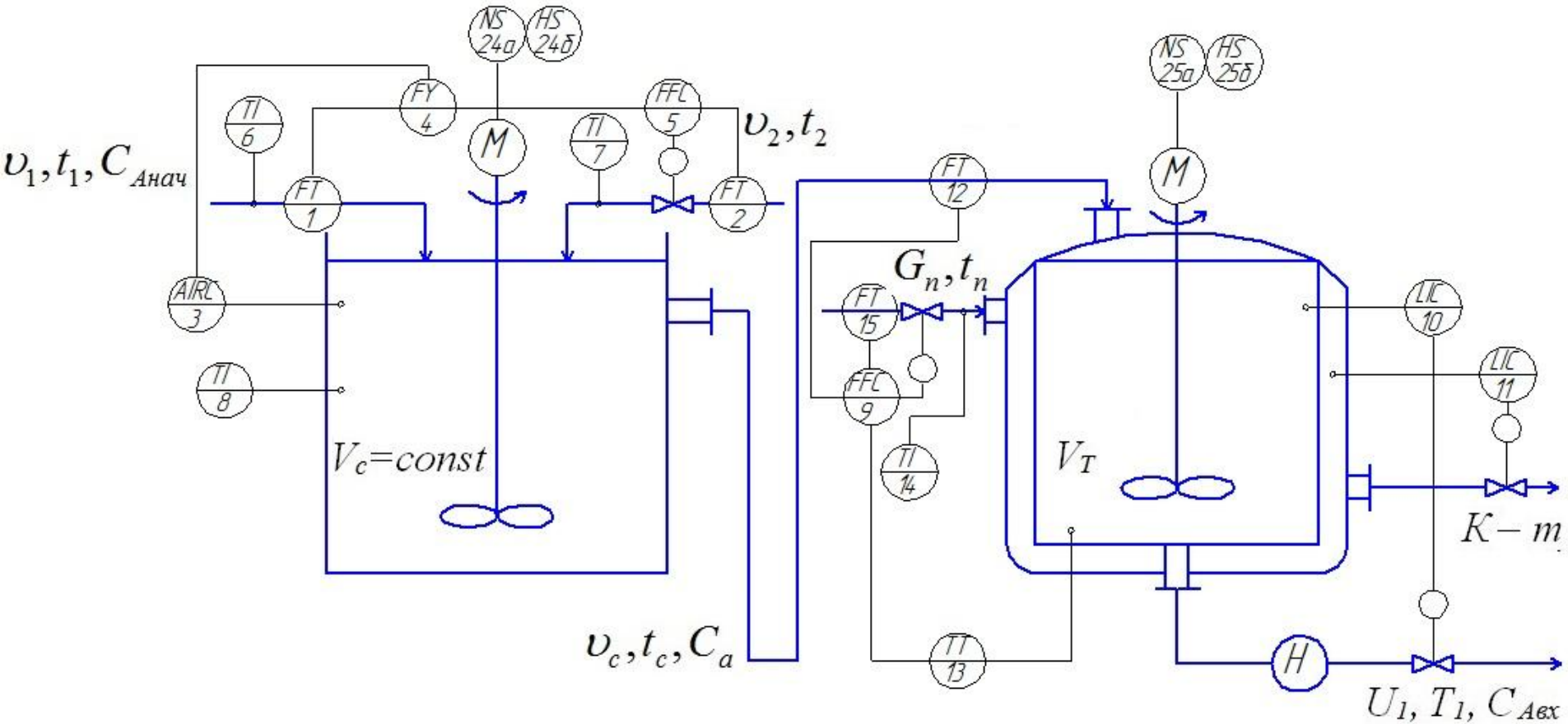
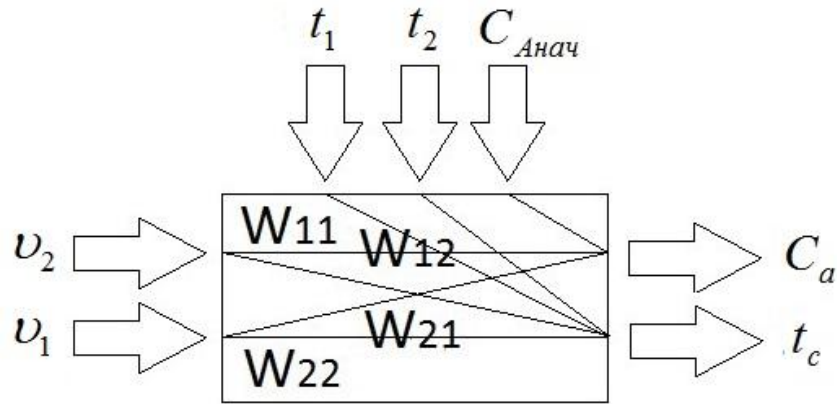


Рис. 4. Упрощенная схема системы автоматизации

# Структурные схемы объектов управления

Смеситель



Теплообменник

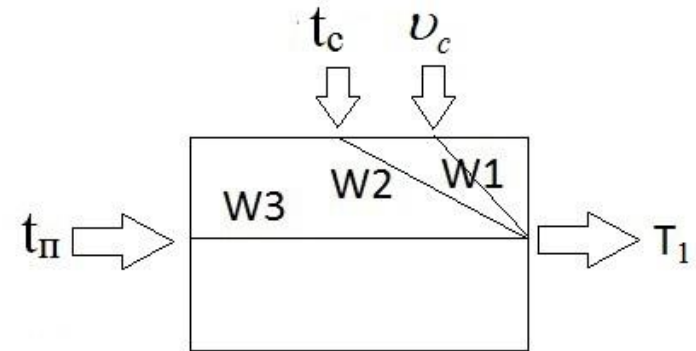


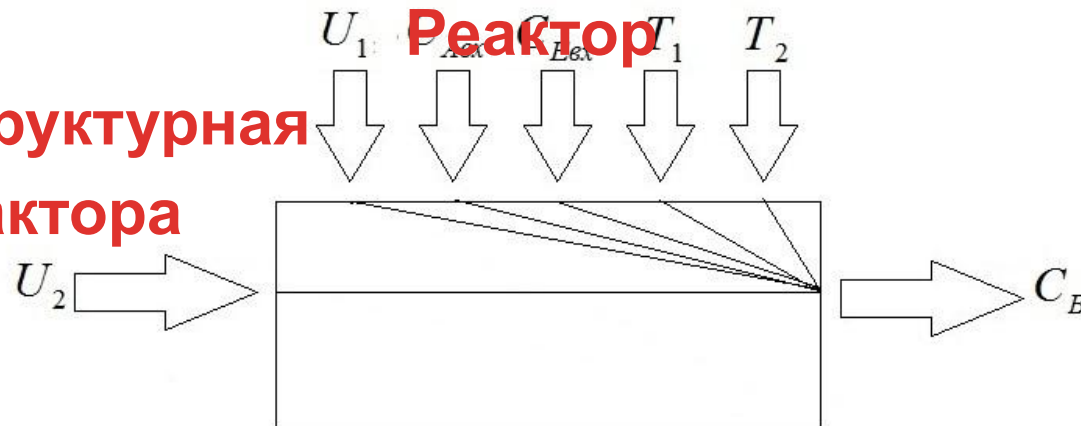
Рис. 5. Структурная схема смесителя

Рис. 6. Структурная схема теплообменника

смесителя

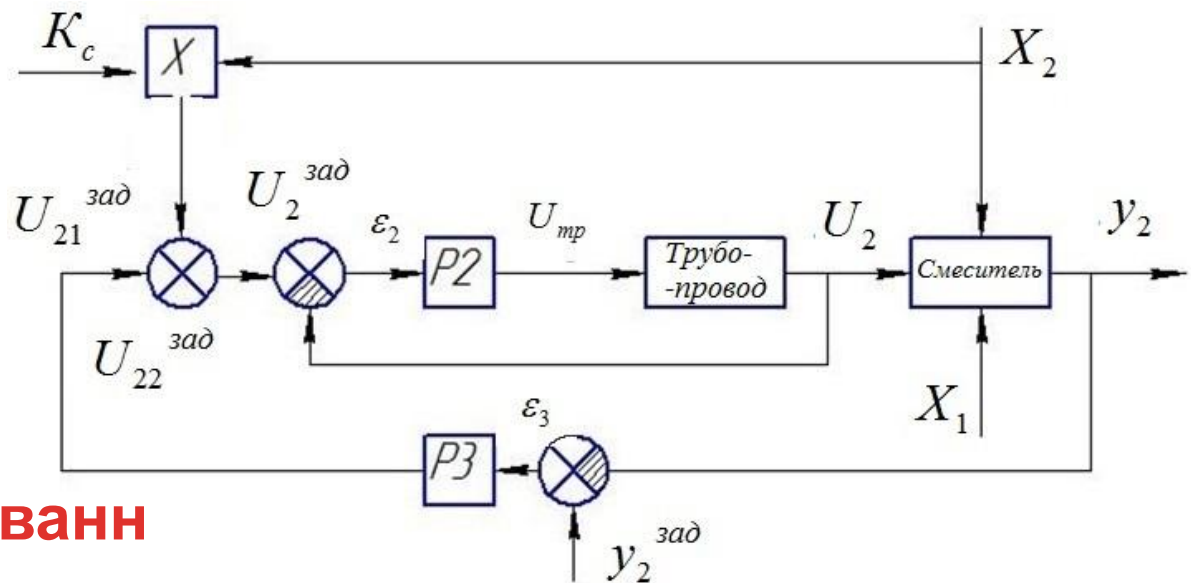
теплообменника

Рис. 7. Структурная схема реактора





# Синтез системы управления смесителем



Линеаризованная математическая модель:

Рис. 8. Структурная схема системы управления смесителем

Обозначения:

$$(U_2^{зад} = U_{21}^{зад} + U_{22}^{зад}, U_{21}^{зад} = X_2 K_c)$$

$$y_2 = \Delta C_a, T_1 = \frac{V^0}{v_c}, K_2 = \frac{C_{Анаг}^0 - C_a^0}{v_c^0}, X_2 = \Delta v_1,$$

$$X_1 = \Delta C_{Анаг}, U_2 = \Delta v_2, K_3 = \frac{C_a^0}{v_c^0}, K_2 = \frac{v_1^0}{v_c^0}$$

Начальные условия:

$$y_2|_{t=0} = 0, U_2|_{t=0} = 0, U_{mp}|_{t=0} = 0, U_{22}^{зад}|_{t=0} = 0$$

$$\begin{cases} T_1 \frac{dy_2}{dt} + y_2 = K_1 X_1 + K_2 X_2 - K_3 U_2 \\ T_{mp} \frac{dU_2}{dt} + U_2 = K_{mp} U_{mp} \\ \frac{dU_{mp}}{dt} = -K_{p2} \frac{dU_2}{dt} + \frac{K_{p2}}{T_{u2}} (U_2^{зад} - U_2) \\ \frac{dU_{22}^{зад}}{dt} = -K_{p3} \frac{dX_2}{dt} + \frac{K_{p3}}{T_{u3}} (X_2^{зад} - X_2) \end{cases}$$

# Синтез системы управления теплообменником

## Линеаризованная математическая модель

$$\begin{cases} T \frac{dy_1}{d\tau} + y_1 = K_1 X_1 + K_2 X_2 + a_2 A u_2 \\ T_h \frac{dy_2}{d\tau} = X_2 - u_1 \\ T_{mp} \frac{du_2}{d\tau} + u_2 = K_{mp} U_{mp} \\ \frac{du_1}{d\tau} = -K_{p1} \frac{dy_2}{d\tau} + \frac{K_{p1}}{T_{u1}} (y_2^{зад} - y_2) \\ \frac{dU_{mp}}{d\tau} = -K_{p2} \frac{du_2}{d\tau} + \frac{K_{p2}}{T_{u2}} (u_2^{зад} - u_2) \\ \frac{du_{22}^{зад}}{d\tau} = -K_{p3} \frac{dy_1}{d\tau} + \frac{K_{p3}}{T_{u3}} (y_1^{зад} - y_1) \end{cases}$$

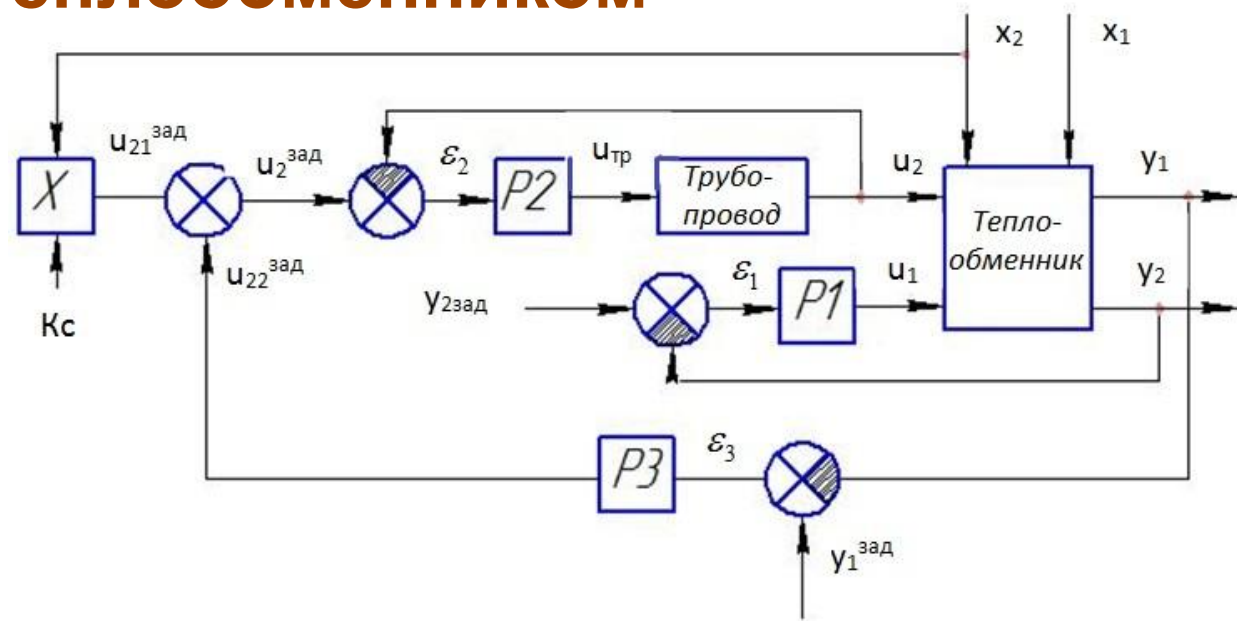


Рис. 9. Структурная схема системы управления теплообменником

Обозначения:  $(U_2^{зад} = U_{21}^{зад} + U_{22}^{зад}, \dots)$

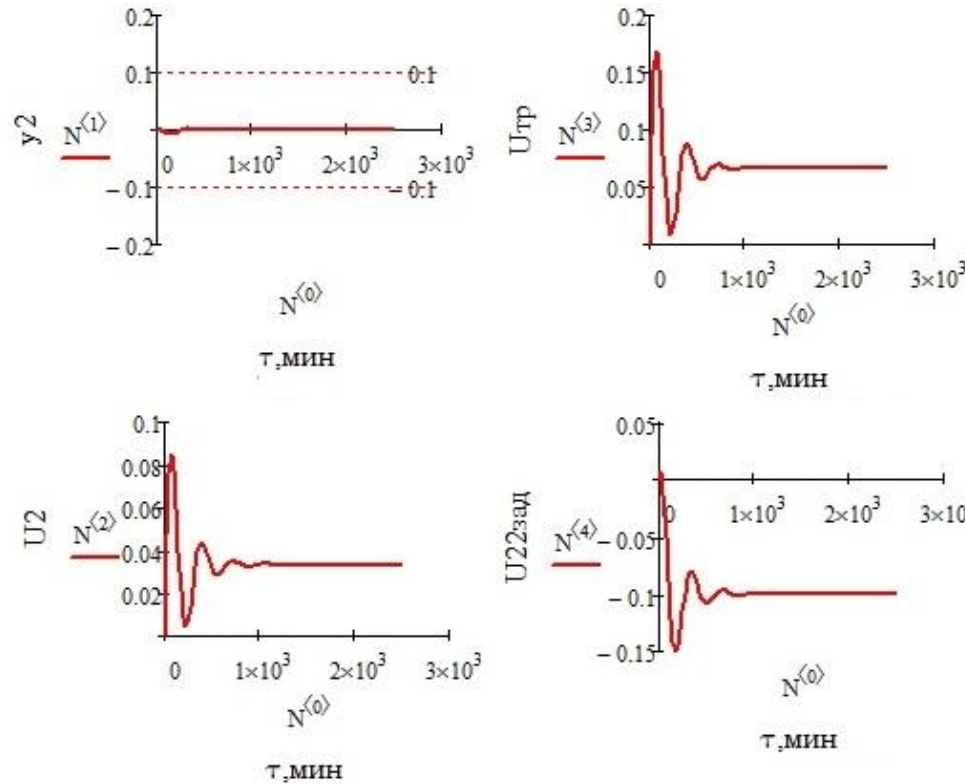
$$y_1 = \Delta T_1, y_2 = \Delta h, X_1 = \Delta t_c, X_2 = \Delta v_c, u_1 = \Delta U_1, u_2 = \Delta G_n.$$

$$T = \frac{V_T^0}{\beta + U_1^0}, K_1 = \frac{v_c^0}{\beta + U_1^0}, K_2 = \frac{t_c^0 - T_1^0}{\beta + U_1^0}, a_2 = \frac{\beta}{\beta + U_1^0}, T_h = S_a$$

Начальные условия:  $y_1|_{\tau=0} = 0, y_2|_{\tau=0} = 0, u_2|_{\tau=0} = 0, u_1|_{\tau=0} = 0, U_{mp}|_{\tau=0} = 0, u_{22}^{зад}|_{\tau=0} = 0$

# Моделирование системы управления смесителем

## Инвариантность



## Ковариантность

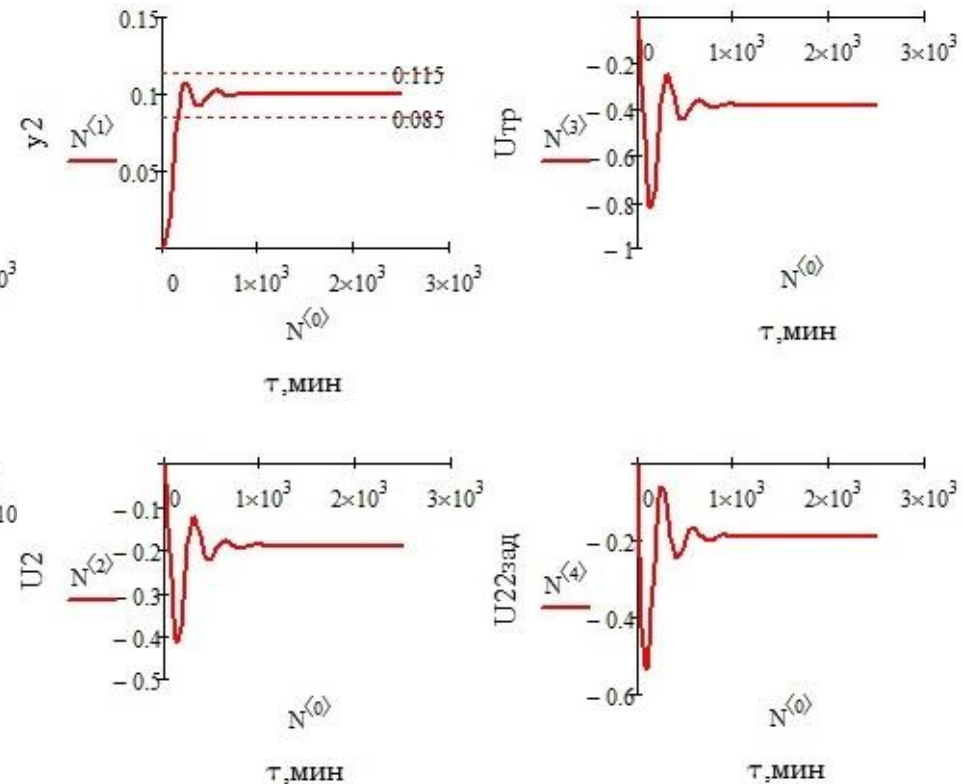


Рис. 10. Переходные процессы регулирования при действии ступенчатого возмущения по  $X_2=0.1$

Рис. 11. Переходные процессы регулирования при ступенчатом изменении задающего воздействия по концентрации на величину  $y_2^{зад}=0.1$

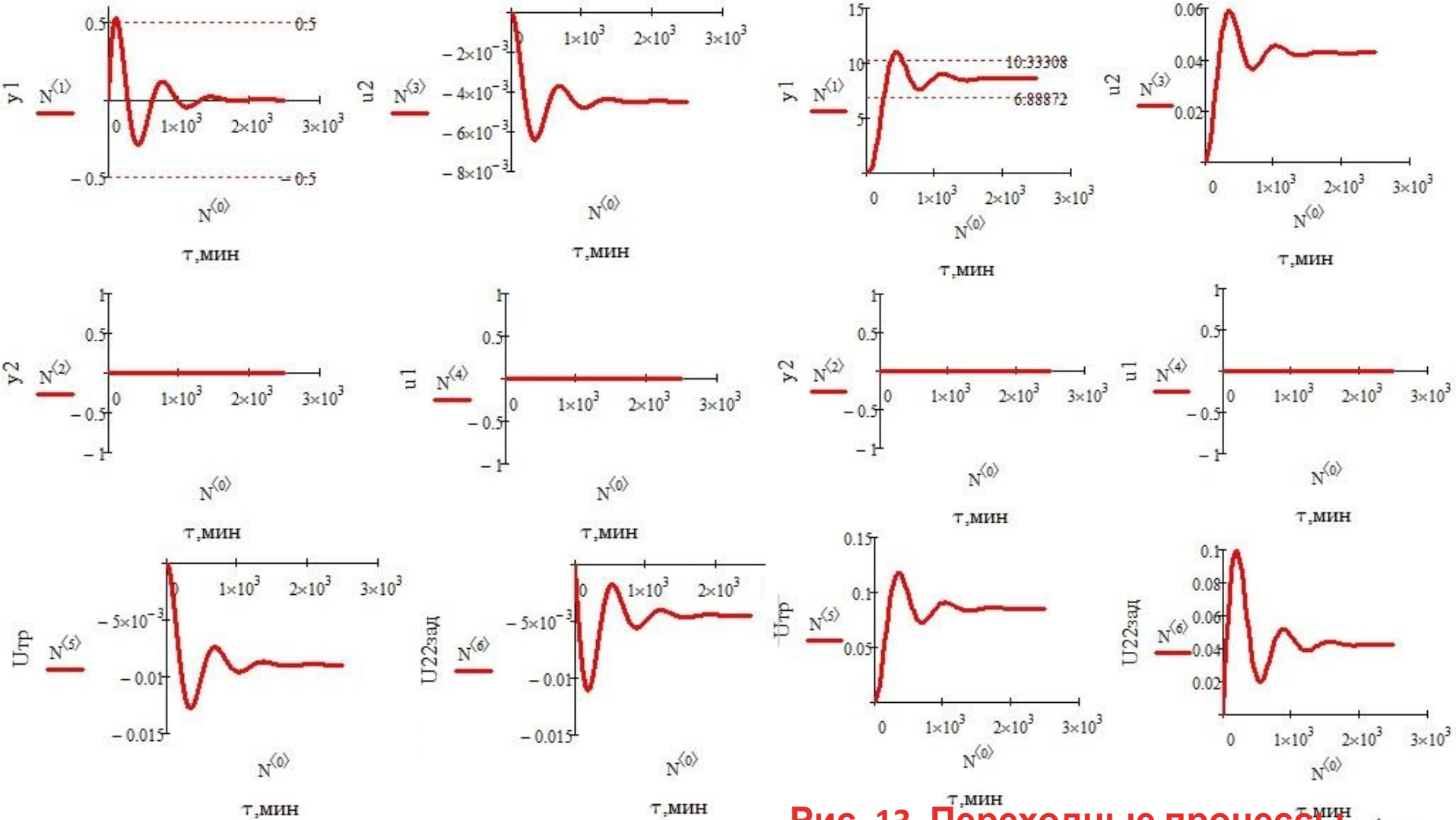


Рис. 12. Переходные процессы регулирования при действии ступенчатого возмущения по  $X_1=2.75$

Рис. 13. Переходные процессы регулирования при ступенчатом изменении задающего воздействия по температуры на величину

# Показатели качества для смесителя

$$X_2 = \pm 0.1$$

	Динамическая ошибка, %	Время регулирования, мин
$y_2$ (концентрация)	0	0

$$y_2^{\text{зад}} = \pm 0.1$$

	Динамическая ошибка, %	Время регулирования, мин
$y_2$ (концентрация)	7.74	160

# Показатели качества для теплообменника

$$X_1 = \pm 2.75$$

	Динамическая ошибка, %	Время регулирования, мин
$y_1$ (температура)	0.6	106
$y_2$ (уровень)	0	0

$$y_2^{зад} = \pm 8.6$$

	Динамическая ошибка, %	Время регулирования, мин
$y_1$ (температура)	12	520
$y_2$ (уровень)	0	0

# СХЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОНТРОЛЛЕРА

КРБ 27.03.04. №13.A2.001.08В-23АТХ

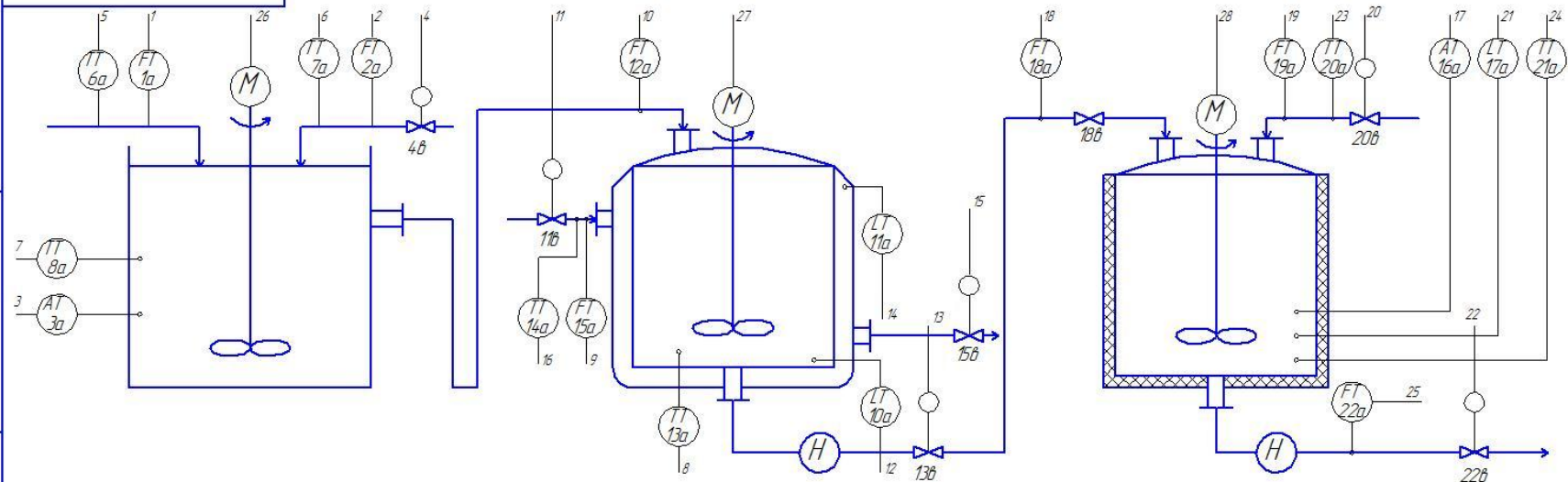
Перед. лист

Стор. №

Лист. и дата

Лист. и дата

Лист. и дата



Приборы по месту

Аналог. вход  
Аналог. выход  
Дискр. вход  
Дискр. выход

Видеотерминал  
Печатающее устр.  
Пульт управления

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	
NS 4B																													
NS 11B																													
NS 13B																													
NS 15B																													
NS 20B																													
NS 22B																													
NS 24a																													
FS 24b																													
NS 25a																													
FS 25b																													
NS 26a																													
FS 26b																													

КРБ 27.03.04. №13.A2.001.08В-23АТХ

Реакторный узел

Развернутая схема автоматизации

Копировал

Лит.	Масса	Масштаб
		δ/м
Лист 1	Листов 1	
ИГХТУ; каф. ТКиА; группа 4-35		
Формат А3		

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Полянин С.В.			
Пров.	Невильцин В.В.			
Контр.				
Исполн.				
Утв.	Ладутин А.П.			

КОМАС-30 V13 Home (C) ЗАО АСКОМ, 1989-2011. Все права защищены.  
Изд. № 1001  
Не для коммерческого использования

**Спасибо за внимание**