

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

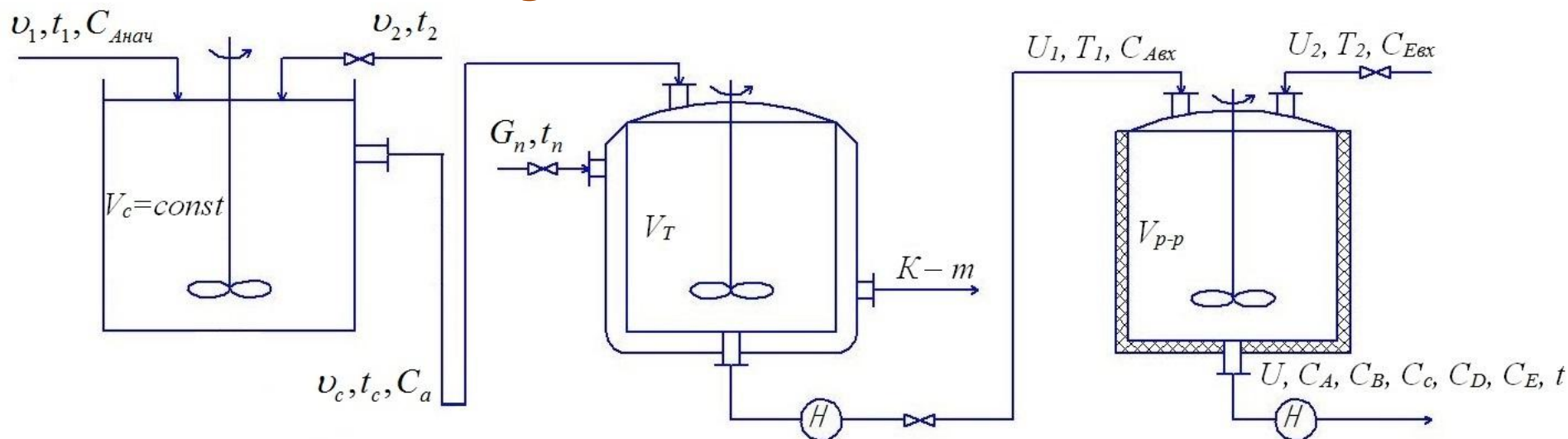


Рис. 1. Технологическая схема процесса получения целевого продукта с заданной концентрацией

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

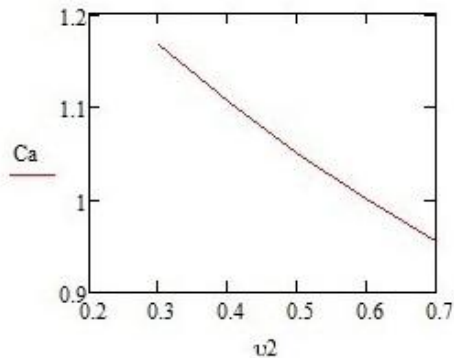
$$\begin{cases} V_{P-P} \frac{dC_A}{d\tau} = U_1 C_{A_{вх}} - (U_1 + U_2) C_A + V(-K_1 C_A C_E) \\ V_{P-P} \frac{dC_E}{d\tau} = U_2 C_{E_{вх}} - (U_1 + U_2) C_E + V(-K_1 C_A C_E) \\ V_{P-P} \frac{dC_B}{d\tau} = V(K_1 C_A C_E - K_2 C_B) - (U_1 + U_2) C_B \\ V_{P-P} \frac{dC_C}{d\tau} = V(K_2 C_B - K_3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

Начальные условия:

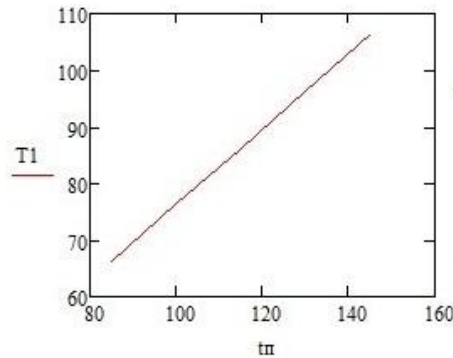
$$t|_{\tau=0} = t^0, C_A|_{\tau=0} = C_A^0, C_B|_{\tau=0} = C_B^0, \\ C_C|_{\tau=0} = C_C^0, C_D|_{\tau=0} = C_D^0, C_E|_{\tau=0} = C_E^0$$

Статические и динамические характеристики объектов по различным каналам управления

Смеситель



Теплообменник



Реактор

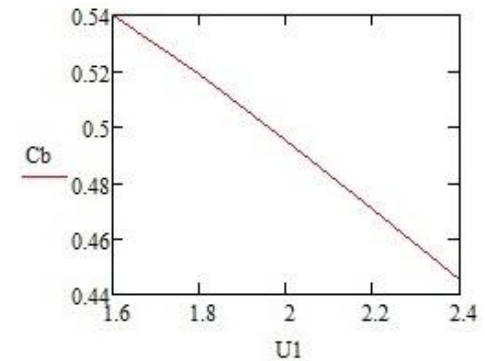
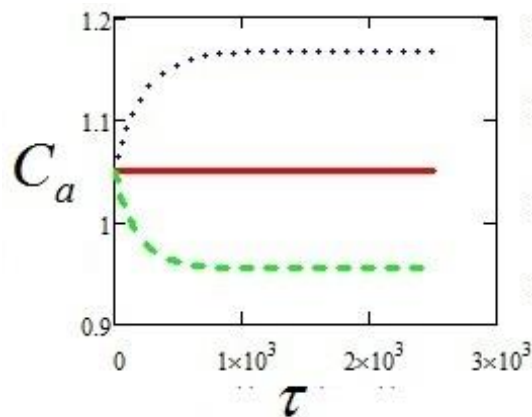
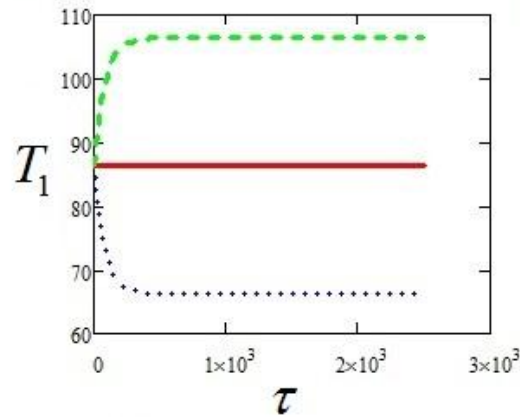


Рис. 2. Статические характеристики объектов по каналам управления

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



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



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

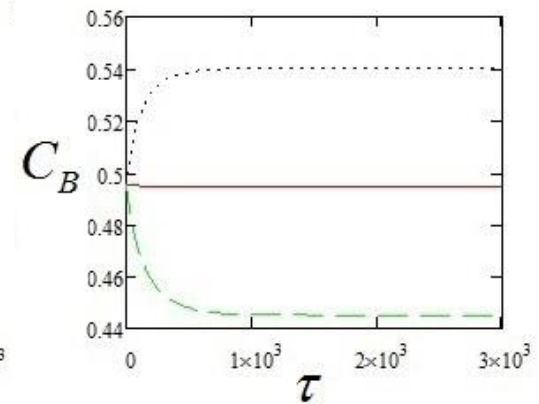


Рис. 3. Динамические характеристики объектов по каналам управления

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

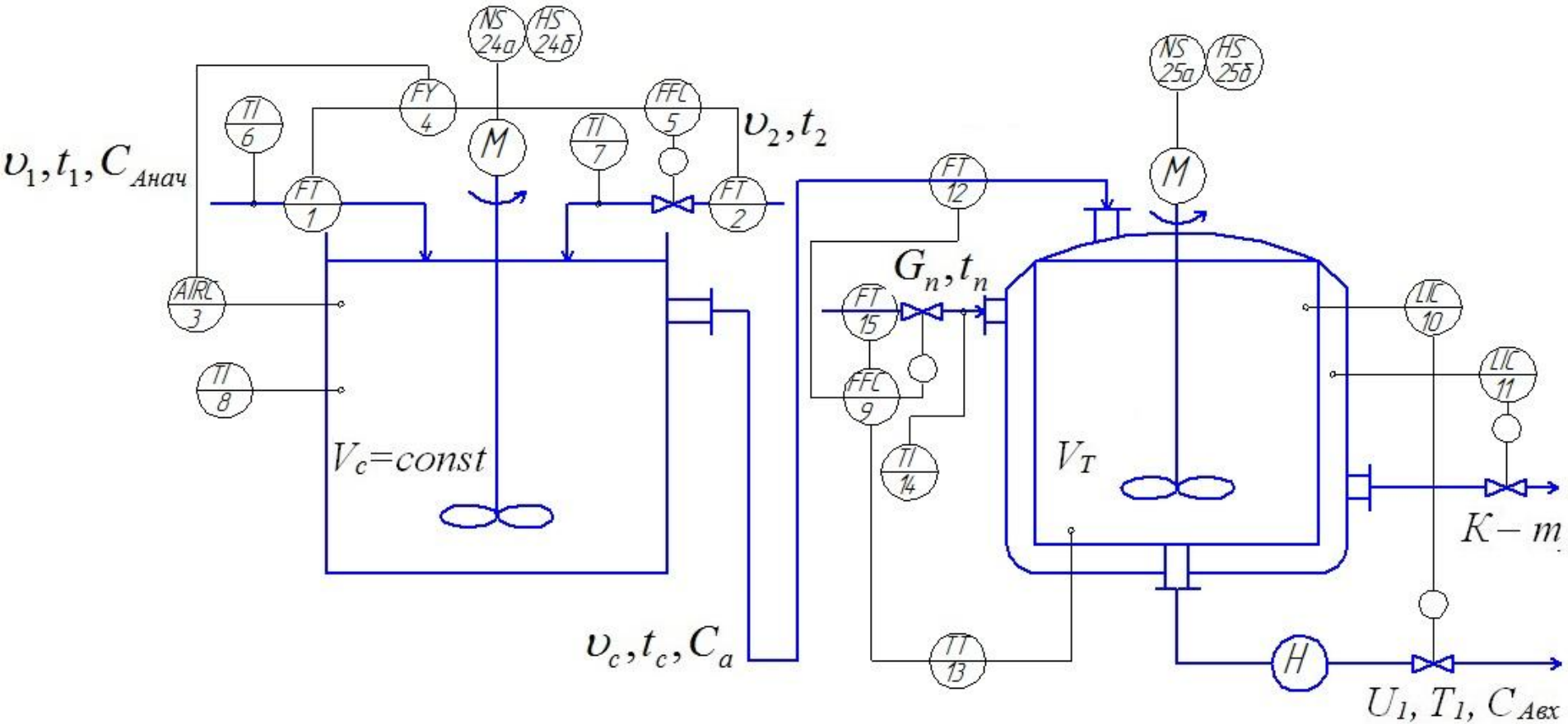
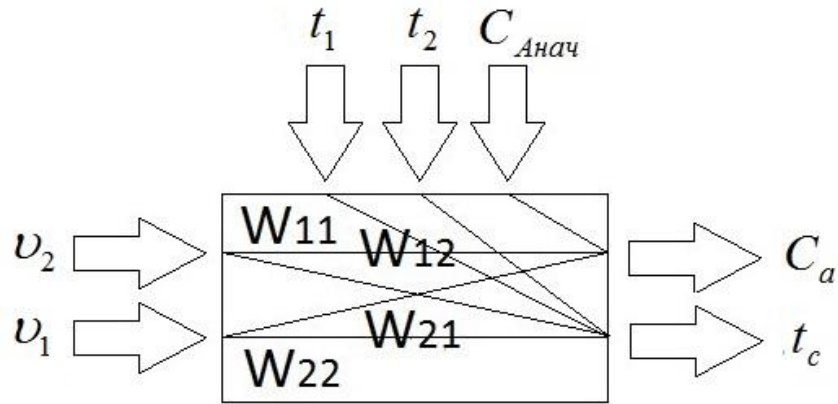


Рис. 4. Упрощенная схема системы автоматизации

Структурные схемы объектов управления

Смеситель



Теплообменник

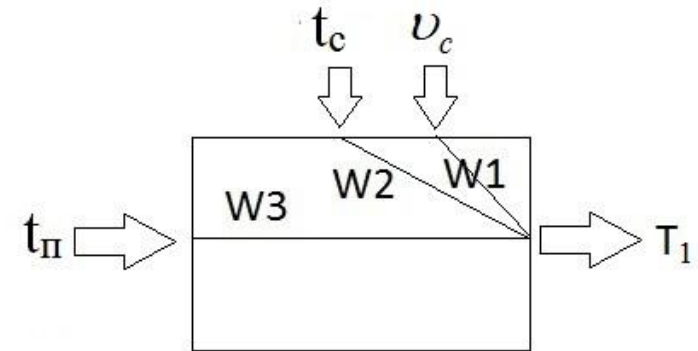


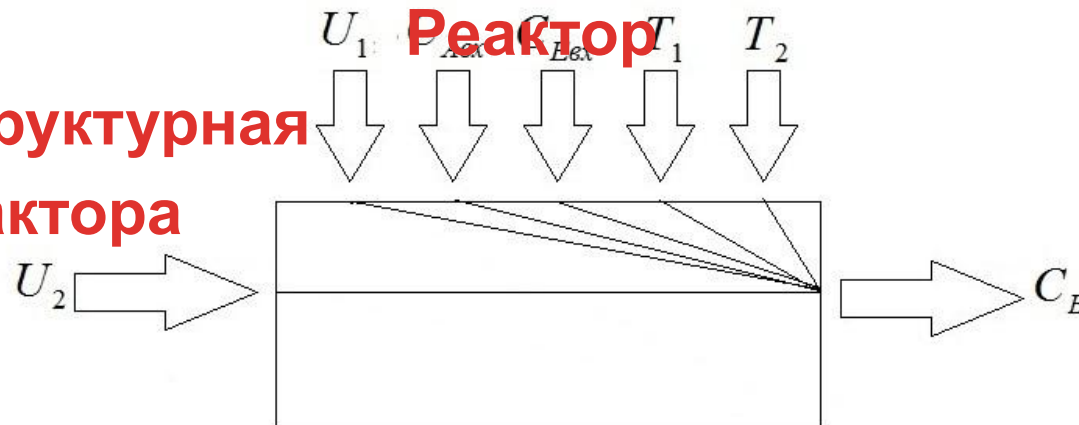
Рис. 5. Структурная схема смесителя

Рис. 6. Структурная схема теплообменника

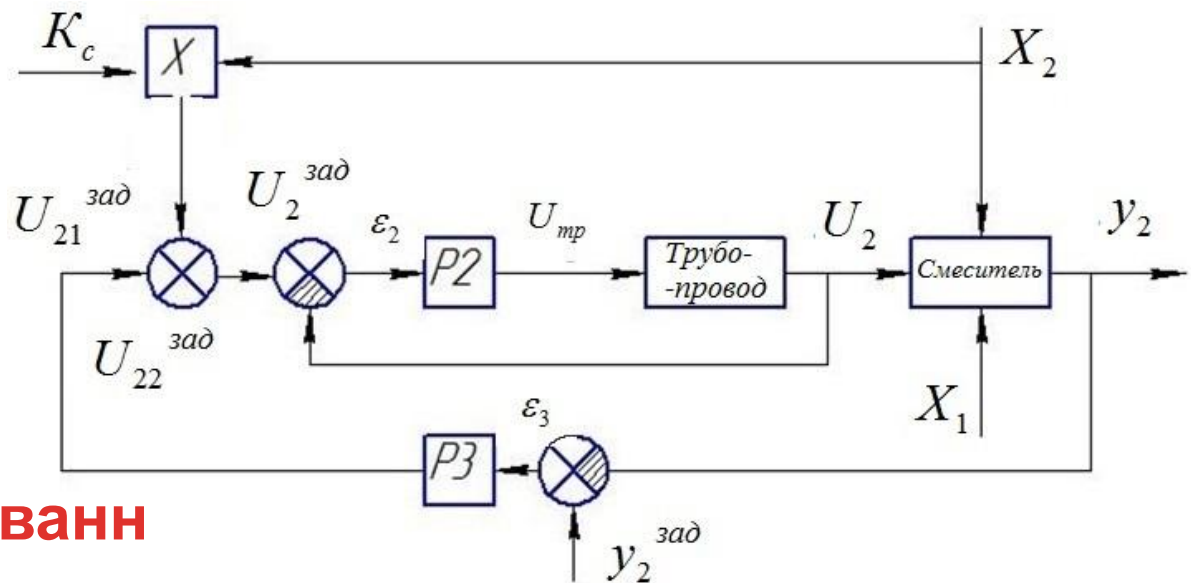
смесителя

теплообменника

Рис. 7. Структурная схема реактора



Синтез системы управления смесителем



Линеаризованная математическая модель:

Рис. 8. Структурная схема системы управления смесителем

Обозначения:

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

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

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

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

Начальные условия:

$$y_2|_{\tau=0} = 0, U_2|_{\tau=0} = 0, U_{\text{мр}}|_{\tau=0} = 0, U_{22}^{\text{зад}}|_{\tau=0} = 0$$

Синтез системы управления теплообменником

Линеаризованная математическая модель

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

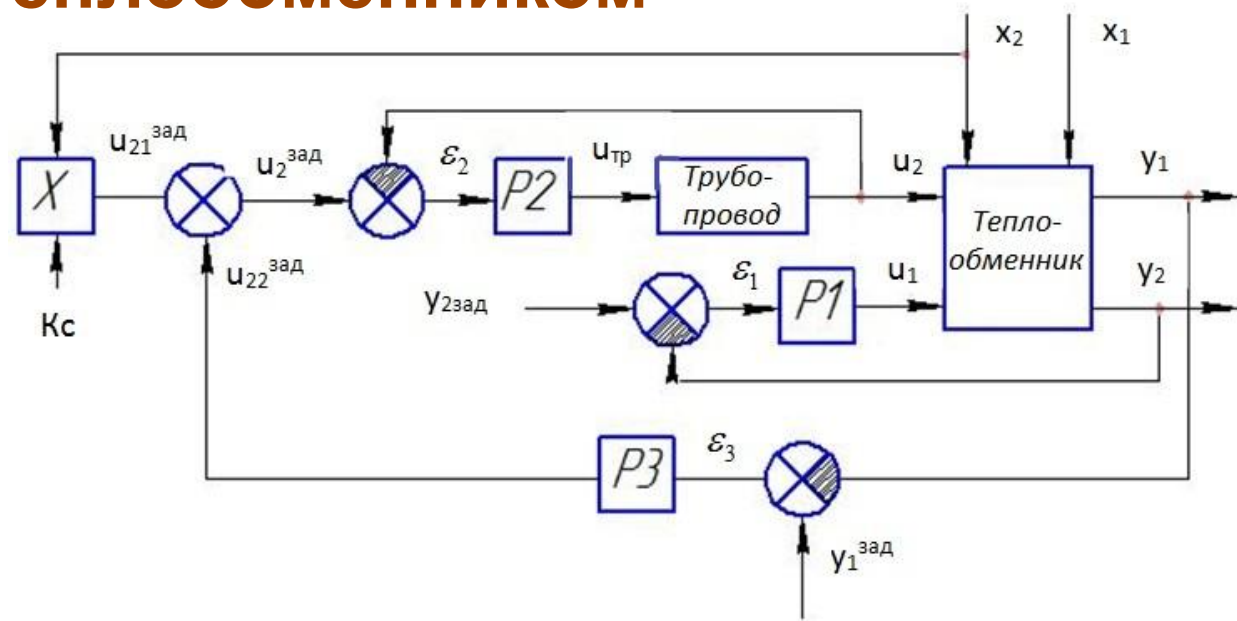


Рис. 9. Структурная схема системы управления теплообменником

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

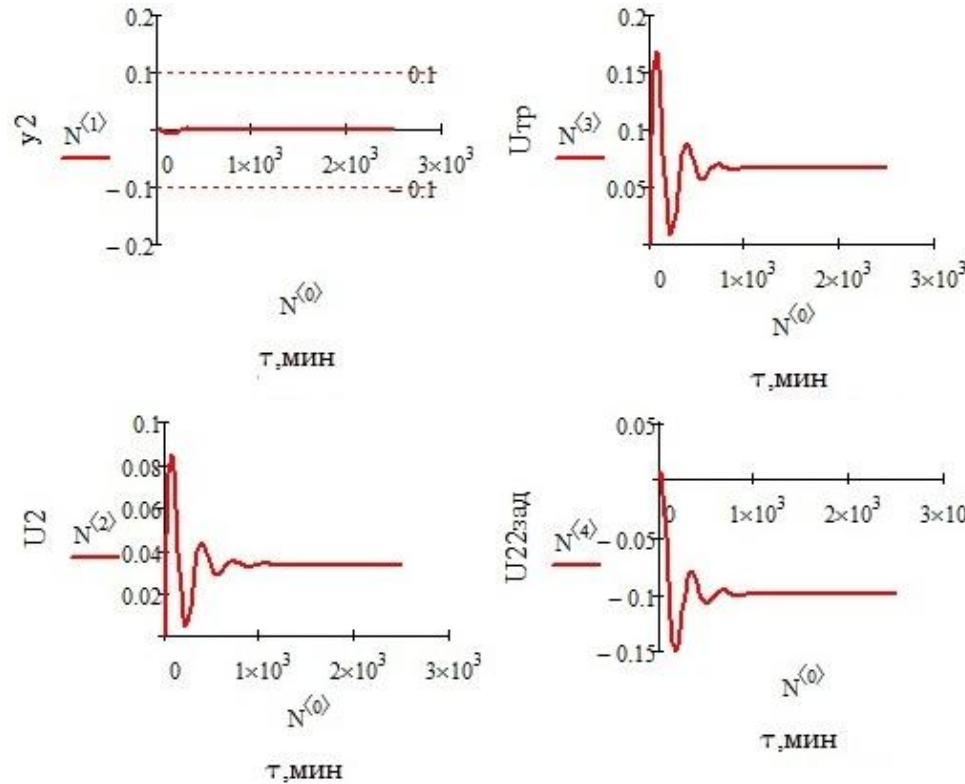
$$y_1 = \Delta T_1, y_2 = \Delta h, X_1 = \Delta t_c, X_2 = \Delta v_c, u_1 = \Delta U_1, u_2 = \Delta G_n.$$

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

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

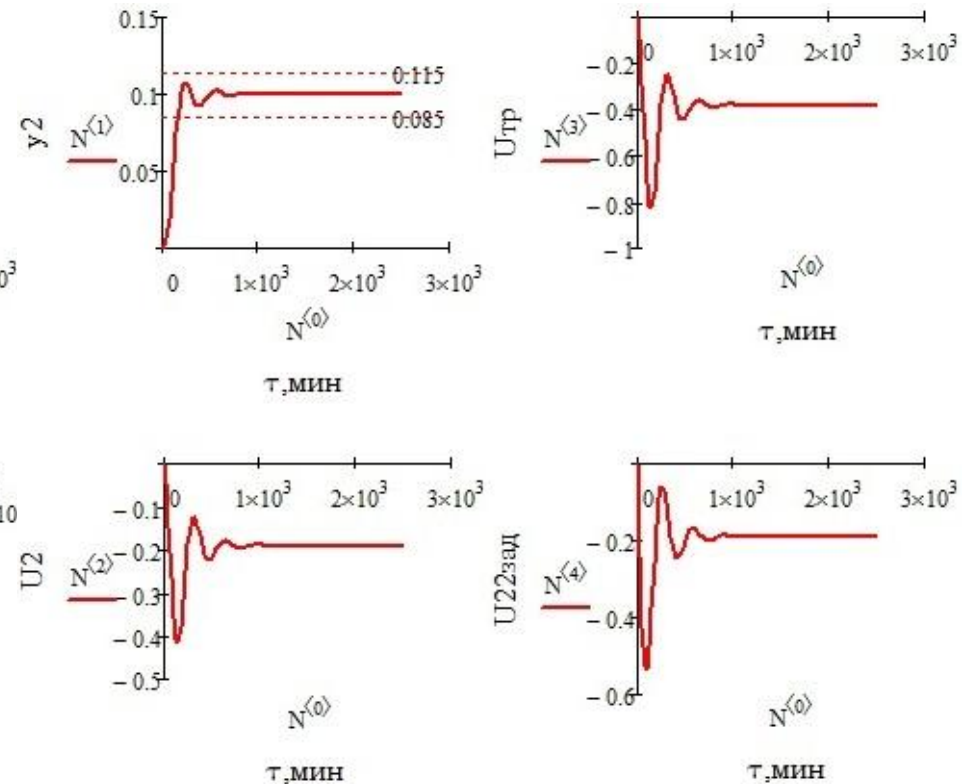


Рис. 10. Переходные процессы регулирования при действии ступенчатого возмущения по $X_2=0.1$

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

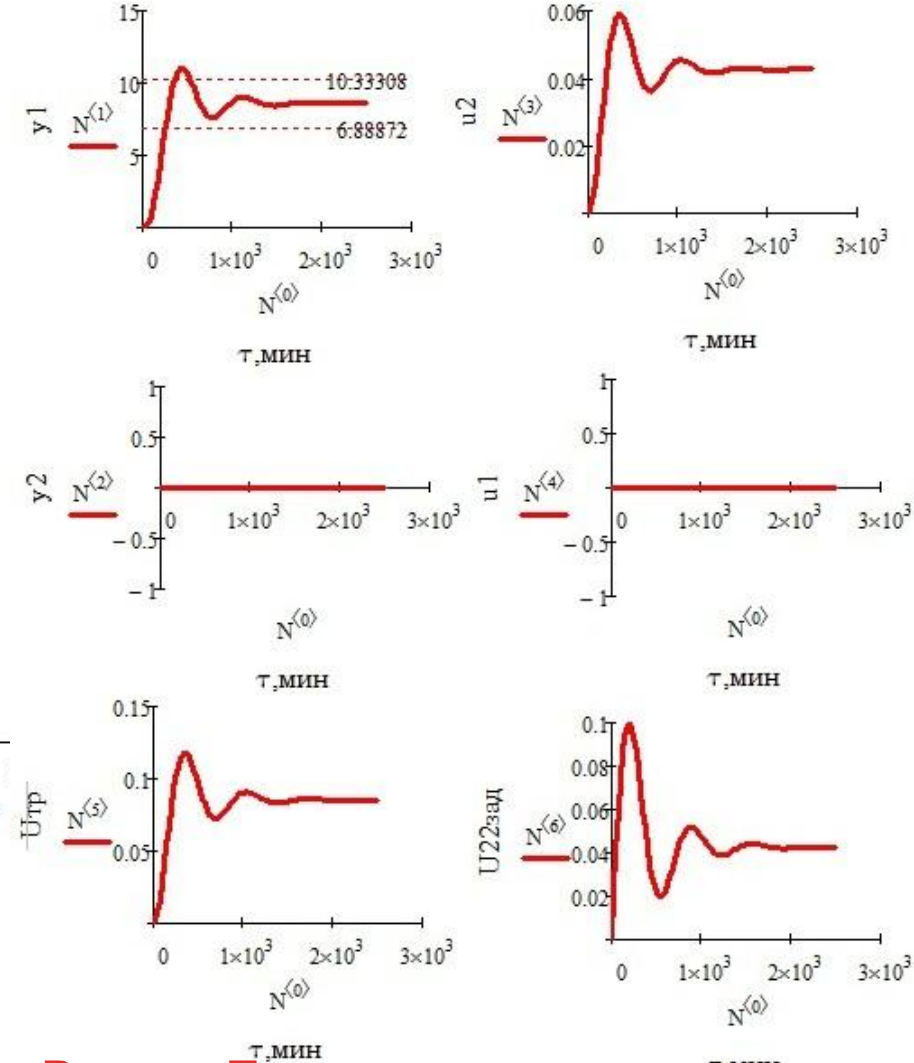
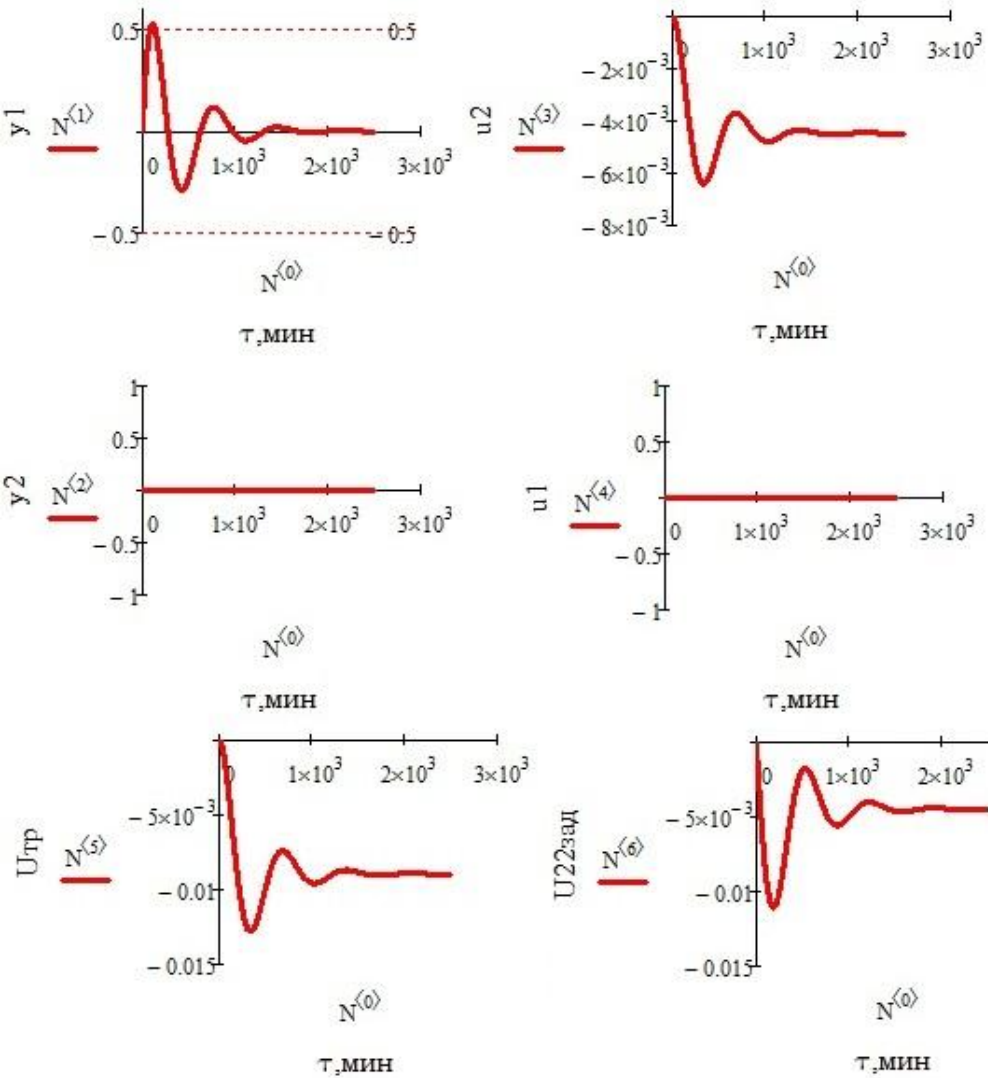


Рис. 12. Переходные процессы регулирования при действии ступенчатого возмущения по $X_1=2.75$

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

Перв. лист

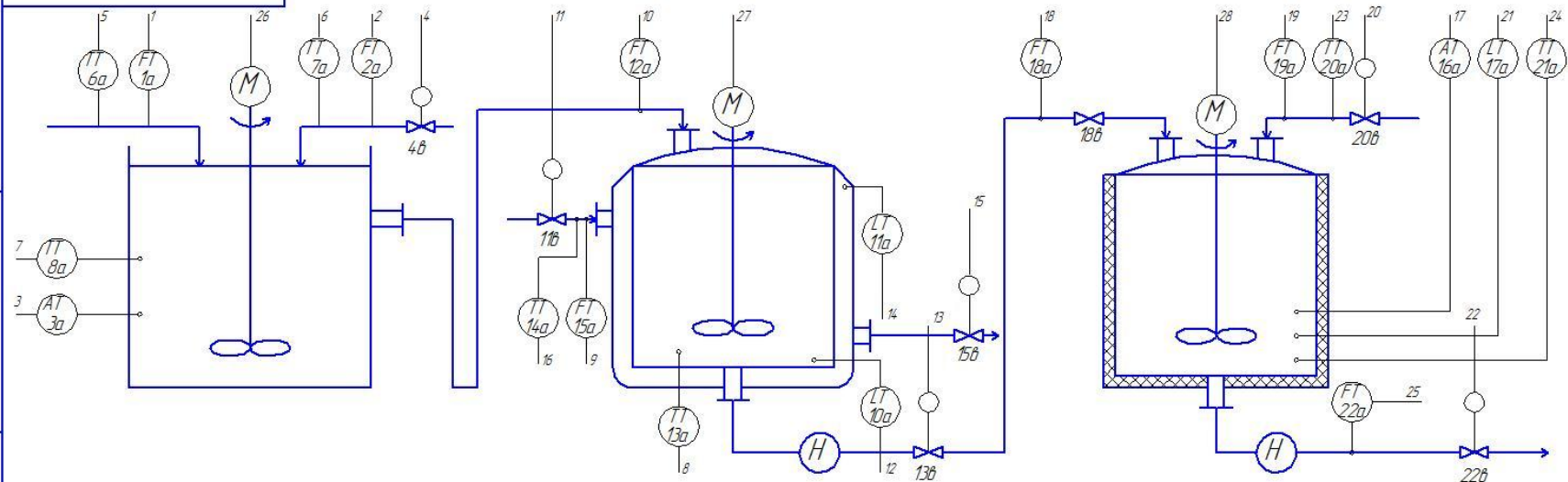
Стор. №

Лист. и дата

МПК МЭК-1500

Лист. и дата

КРБ 27.03.04. №13.A2.001.08В-23АТХ



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								
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<h2>Реакторный узел</h2> <p>Развернутая схема автоматизации</p> <p>Копировал</p>	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Полякин С.В.							δ/м
Пров.	Небунин В.В.							
Инж. контр.								
Утв.	Ладутин А.П.					Лист 1	Листов 1	
						ИГХТУ; каф. ТКиА; группа 4-35		
						Формат А3		

КОМАС-30 V13 Home (C) ЗАО АСКОМ, 1989-2011. Все права защищены.
Изд. № 1001
Взам. инв. № 1/148 № 14/01

Не для коммерческого использования

Спасибо за внимание