

# Нижнекамский химико-технологический институт

## Выпускная квалификационная работа

Тема: Модернизация системы управления узлом выделения пентамеров пропилена

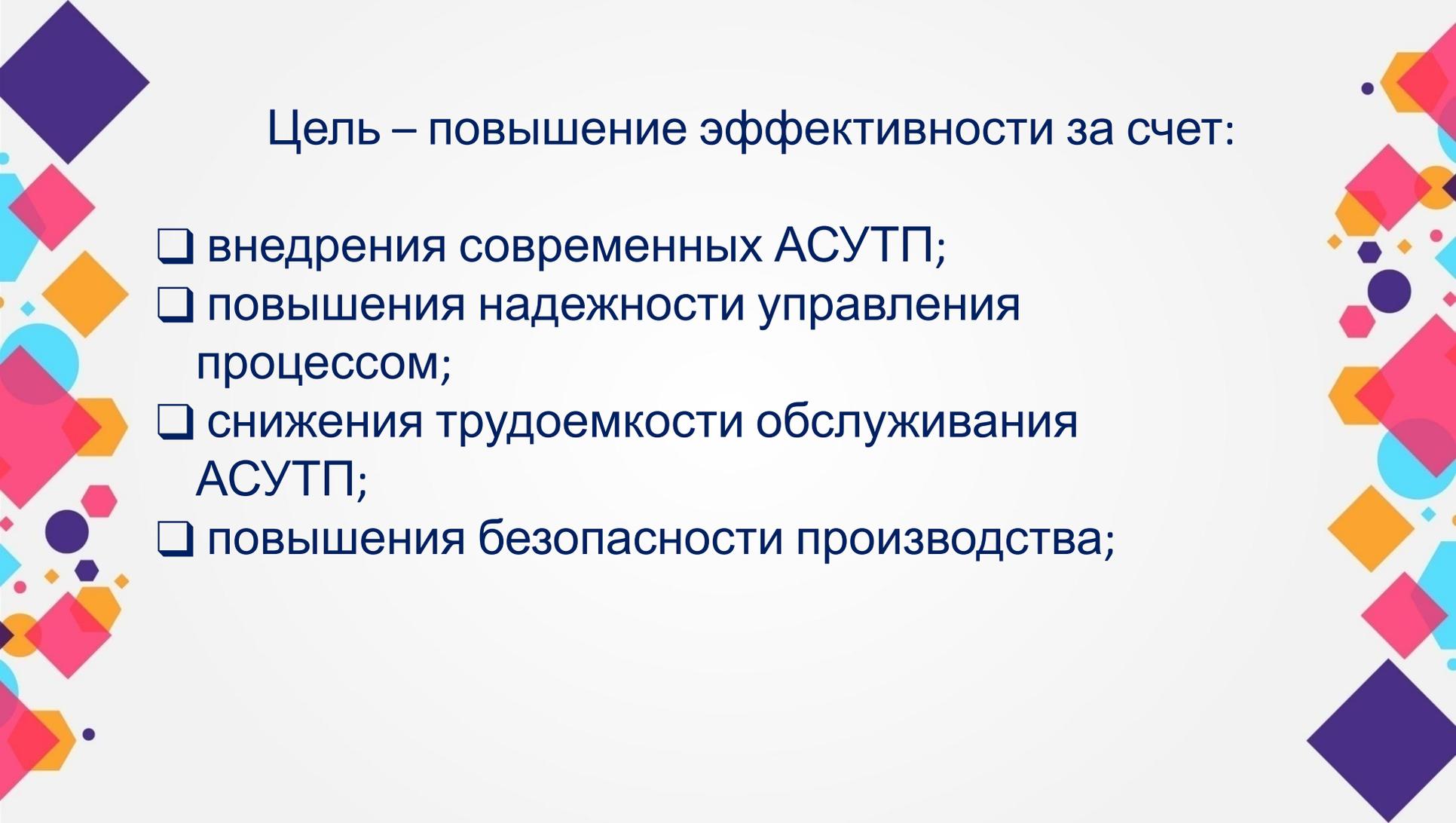
Выполнил:  
А.В.

Руководитель:  
В.

Валиуллин

Лежнева Н.

Нижнекамск, 2020г.



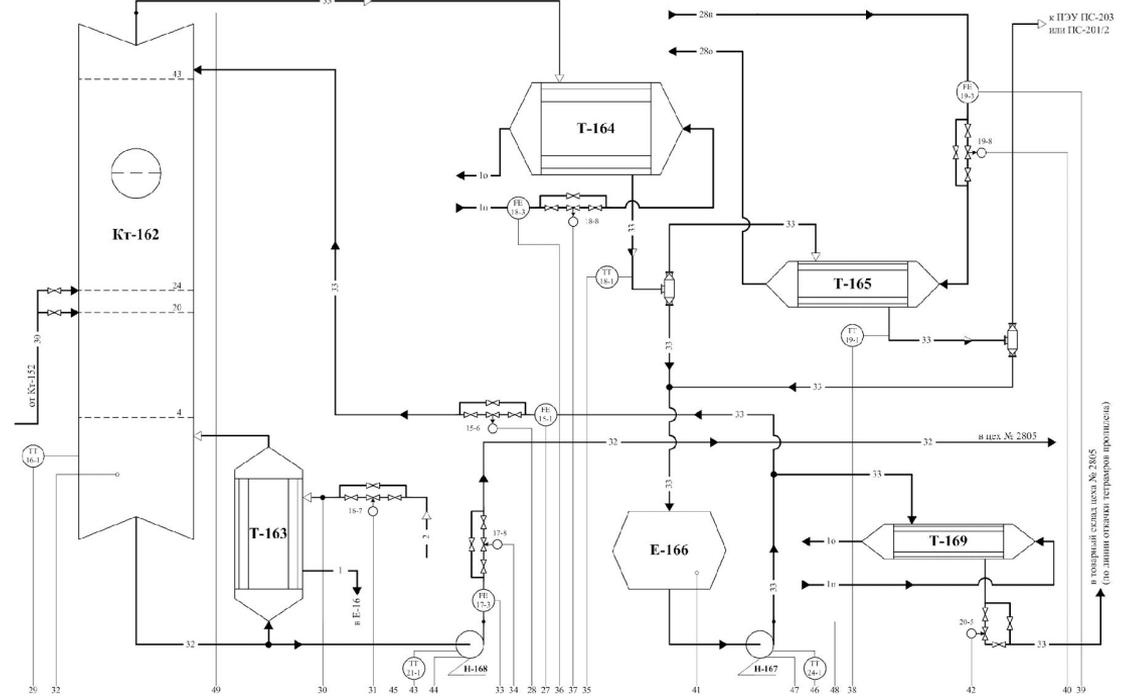
Цель – повышение эффективности за счет:

- внедрения современных АСУТП;
- повышения надежности управления процессом;
- снижения трудоемкости обслуживания АСУТП;
- повышения безопасности производства;

## Основные задачи по достижению цели:

- определение характеристик объекта автоматизации;
- анализ существующей схемы автоматизации технологического процесса;
- разработка и описание системы контроля, регулирования и управления технологическим процессом;
- разработка математического обеспечения;
- расчет надежности систем управления;
- анализ безопасности жизнедеятельности;





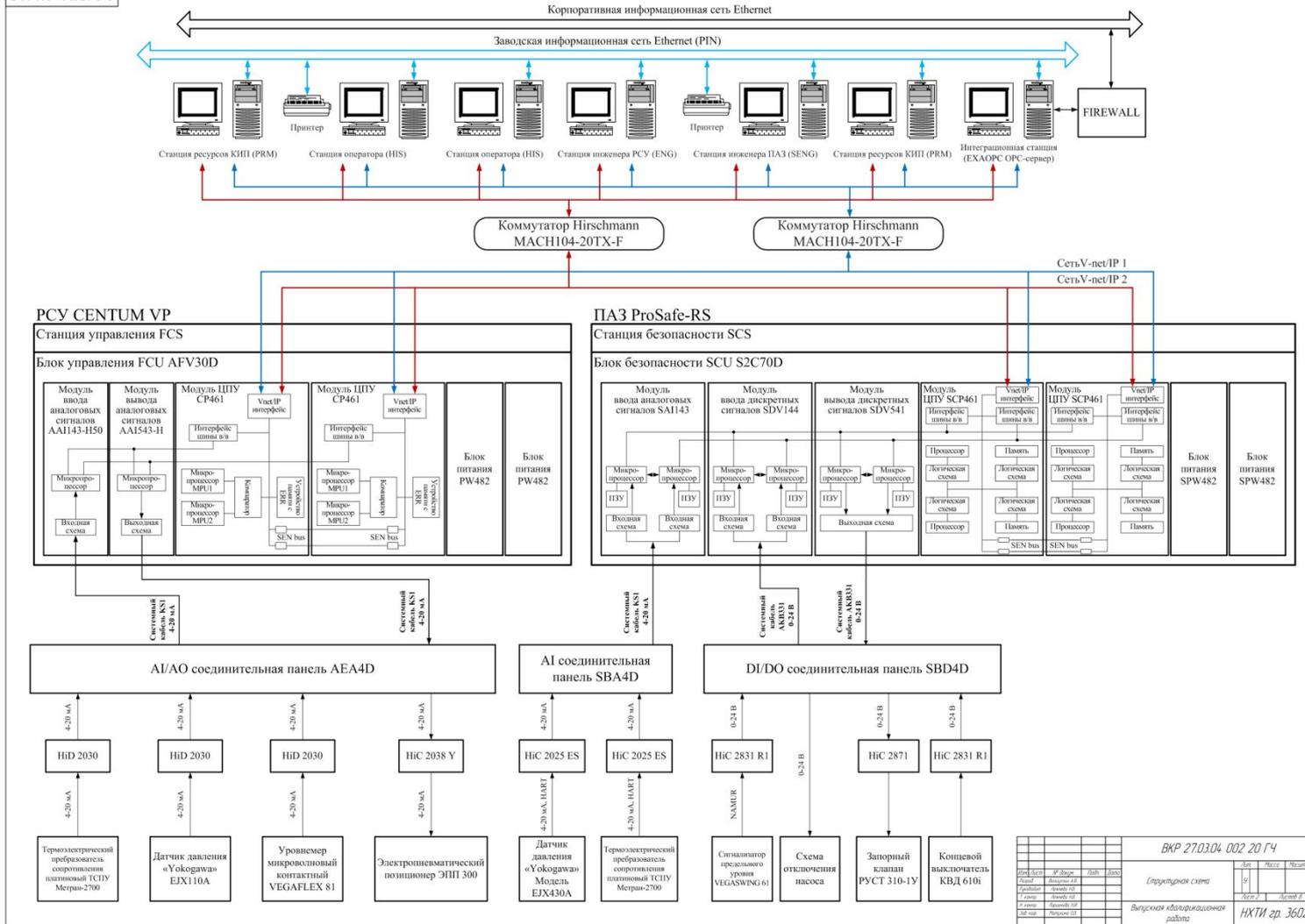
Экспликация технологического оборудования

Усл. обоз.	Наименование	Кол.	Характеристика	Прим.
Kr-162	Колонна ректификационная	1	H=26,4м D=2м N=50	
E-156	Емкость вертикальная	1	H=1,8м D=1,6м V=5м³	
T-132	Контяцельник	1	H=2м D=0,6м S=40м²	
T-154	Воздушный конденсатор	2	S=174м² L=4м	
T-154a	Конденсатор	1	H=5м D=0,8м S=98м²	
T-155	Конденсатор	1	H=5м D=0,4м S=25м²	
T-159	Теплообменник	1	H=3м D=0,37м S=39м²	
H-157	Центробежный насос	2	Q=45м³/ч W=30кгВт	
H-158	Центробежный насос	2	Q=9м³/ч W=14кгВт	
Kr-162	Колонна ректификационная	1	H=26,4м D=1,2м N=50	
E-156	Емкость вертикальная	1	H=0,9м D=1м V=1м³	
T-163	Контяцельник	1	H=2м D=0,6м S=40м²	
T-164	Конденсатор	1	H=2м D=0,8м S=47м²	
T-165	Конденсатор	1	H=2м D=0,4м S=17м²	
T-165	Теплообменник	1	H=5м D=0,27м S=9м²	
H-167	Центробежный насос	2	Q=1м³/ч W=1кгВт	
H-168	Центробежный насос	2	Q=9м³/ч W=14кгВт	

Перечень технологических потоков

Обозначение	Наименование технологических потоков
-1	Вода
-1a	Вода промышленная горячая
-1o	Вода промышленная обратная
-2	Пар
-4	Аист
-28a	Теплоноситель ТИК прямой
-28b	Теплоноситель ТИК обратный
-29	Фракция фосфорен С7-С8
-3b	Фракция тетрамеров и пентамеров пропилена
-31	Температуры пропилена
-32	Питанием пропилена
-33	Температуры пропилена

		27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	
Барьеры и анализаторы на месте	Измерительные преобразователи уровня, давления, расхода	PI-152	PI-153	PI-154	PI-155	PI-156	PI-157	PI-158	PI-159	PI-160	PI-161	PI-162	PI-163	PI-164	PI-165	PI-166	PI-167	PI-168	PI-169	PI-170	PI-171	PI-172	PI-173	PI-174	
	Искробезопасные электронные измерительные преобразователи	PI-154	PI-155	PI-156	PI-157	PI-158	PI-159	PI-160	PI-161	PI-162	PI-163	PI-164	PI-165	PI-166	PI-167	PI-168	PI-169	PI-170	PI-171	PI-172	PI-173	PI-174	PI-175	PI-176	
Барьеры искробезопасности	Барьеры искробезопасности выходные	PI-152	PI-153	PI-154	PI-155	PI-156	PI-157	PI-158	PI-159	PI-160	PI-161	PI-162	PI-163	PI-164	PI-165	PI-166	PI-167	PI-168	PI-169	PI-170	PI-171	PI-172	PI-173	PI-174	
	Барьеры искробезопасности входные	PI-154	PI-155	PI-156	PI-157	PI-158	PI-159	PI-160	PI-161	PI-162	PI-163	PI-164	PI-165	PI-166	PI-167	PI-168	PI-169	PI-170	PI-171	PI-172	PI-173	PI-174	PI-175	PI-176	
Компьютерная система управления и ПАЗ	Блок питания	PI-154	PI-155	PI-156	PI-157	PI-158	PI-159	PI-160	PI-161	PI-162	PI-163	PI-164	PI-165	PI-166	PI-167	PI-168	PI-169	PI-170	PI-171	PI-172	PI-173	PI-174	PI-175	PI-176	
	Модуль ввода аналогового сигнала																								
	Модуль ввода дискретного сигнала																								
	Модуль вывода аналогового сигнала																								
Процессорный блок	PCU																								
	ПАЗ																								
Сигнализация																									



БКР 27.03.04 002 20 ГЧ

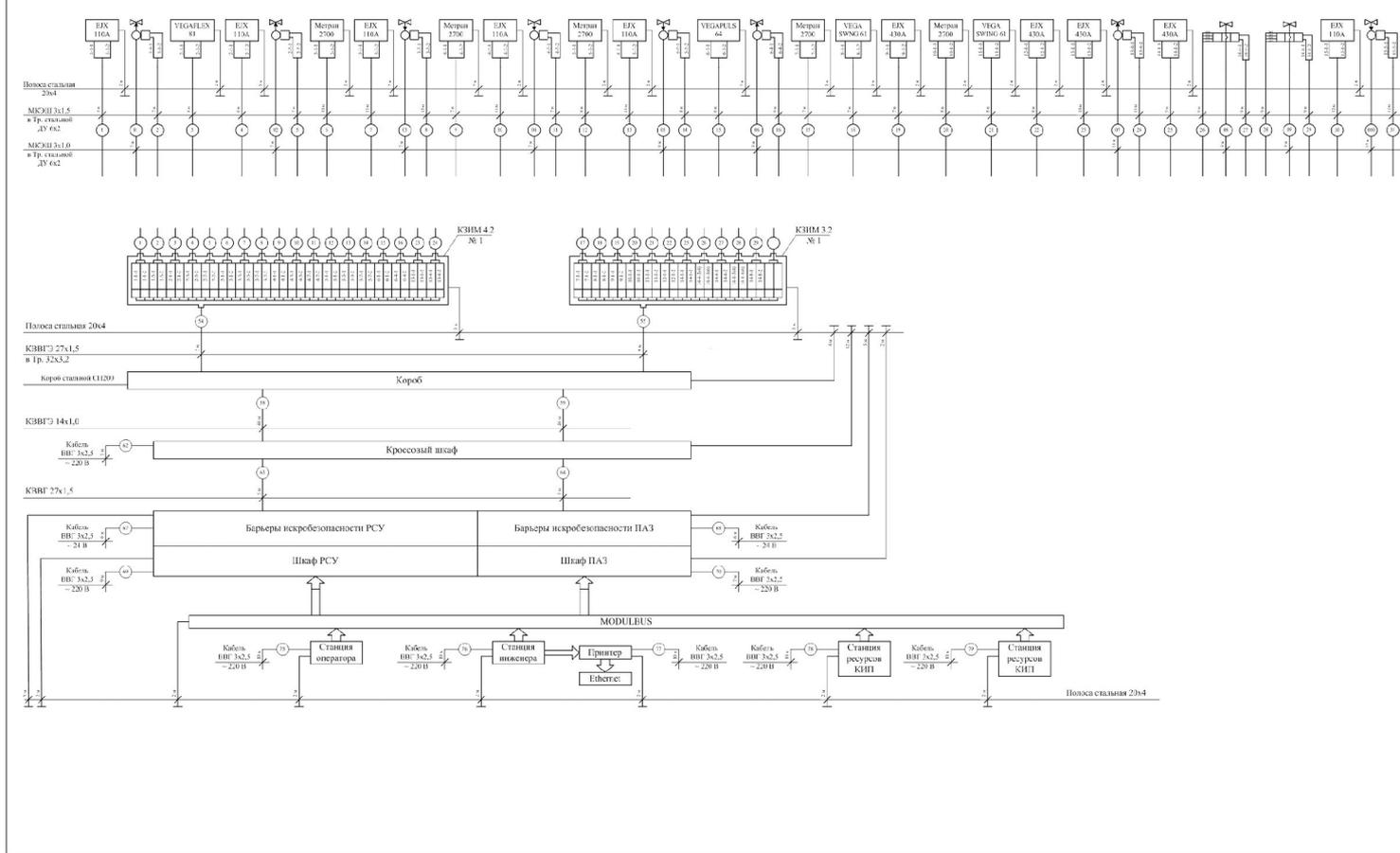
№ п/п	№ документа	Дата	Исполнитель	Проверенный	Согласованный
1	Акт ввода в эксплуатацию				
2	Акт наладки				
3	Акт сдачи в эксплуатацию				
4	Акт				

Структурная схема

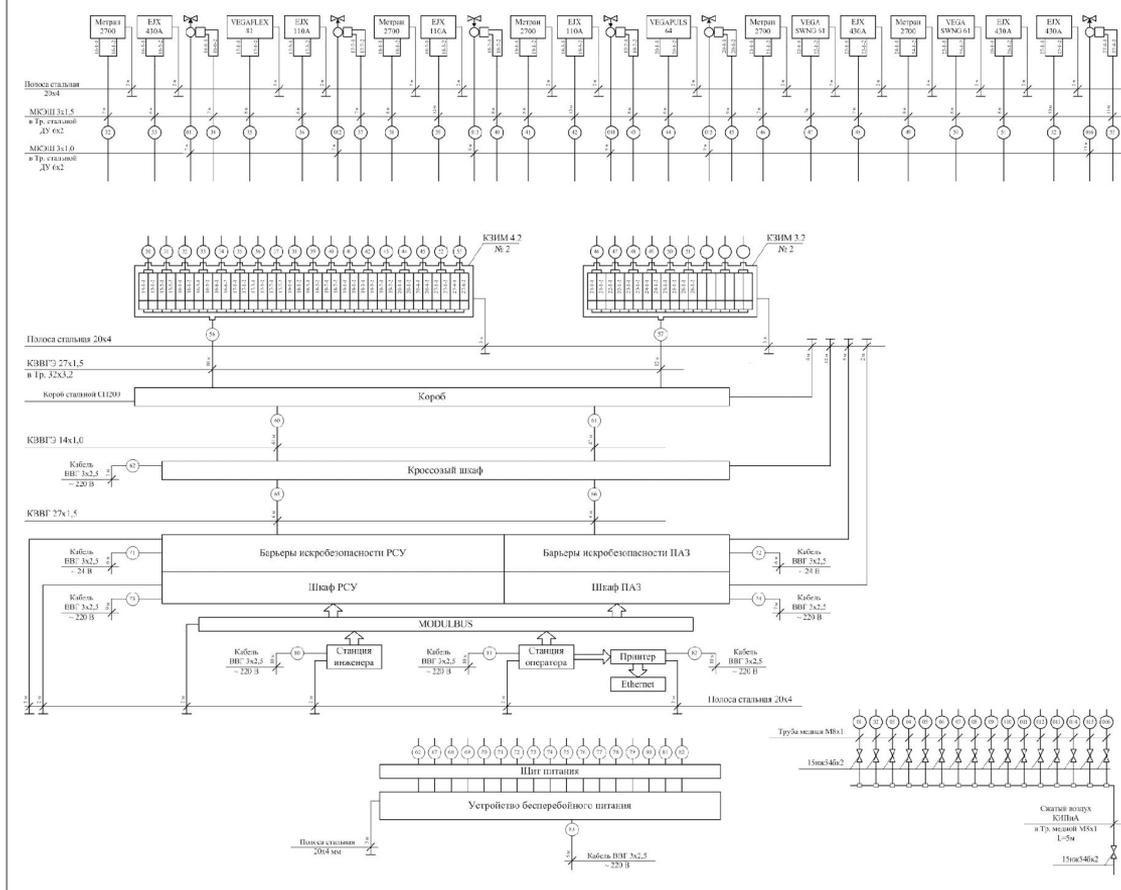
Выпускная квалификационная работа

НХТИ гр. 3602

Назначение параметра и место отбора пробы	Регулирование температуры в кубе колонны K-152 по расходу пара		Регулирование расхода кубовой жидкости с коррекцией по уровню в колонне K-152			Регулирование расхода флегмы с коррекцией по температуре на 43 пареке колонны K-152			Регулирование расхода хлороксида с коррекцией по температуре тримера пропилена с T-154			Регулирование расхода хлороксида с коррекцией по температуре тримера пропилена с T-155			Регулирование уровня в емкости E-156		Аварийное отключение насоса H-158			Аварийное отключение насоса H-157			Регулирование давления перед колонной K-152		Аварийное отключение процесса по давлению в K-152			Регулирование расхода флегмы в колонну K-162	
	F	кнопка	L	F	кнопка	T	F	кнопка	T	F	кнопка	T	F	кнопка	L	кнопка	по T	по L	по P	по T	по L	по P	P	кнопка	P	кнопка	кнопка	F	кнопка
Установочный тердж																													
Позиция	1-1	1-6	2-1	2-3	2-5	3-1	3-3	3-8	4-1	4-3	4-8	5-1	5-3	5-8	6-1	6-5	7-1	8-1	9-1	10-1	11-1	12-1	13-1	13-5	14-1	14-4	14-8	15-1	15-6

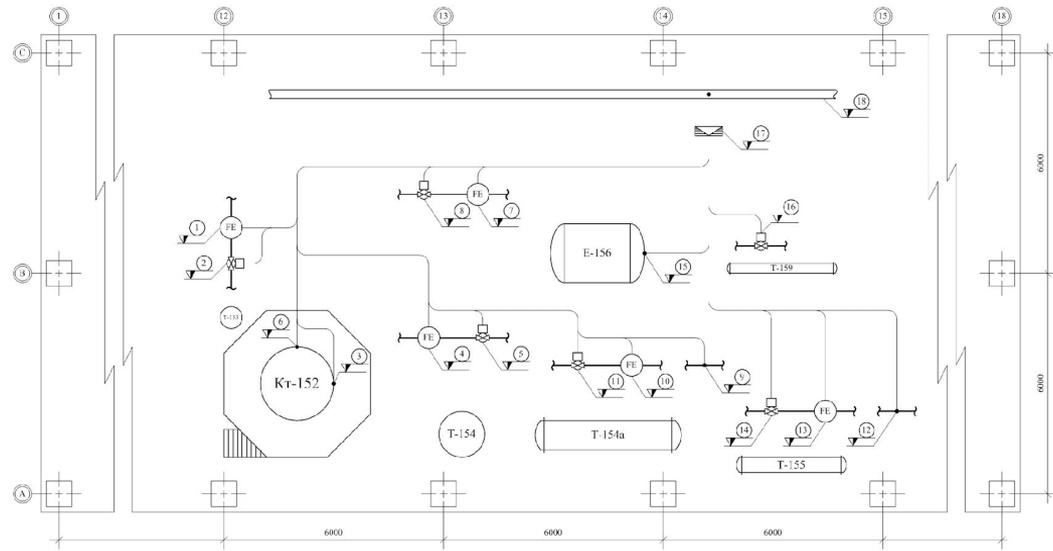


Наименование параметра и место сборки модуля	Регулирование давления пара с Т-163 с коррекцией по температуре в кубе колонны КГ-162			Регулирование расхода кубовой жидкости с коррекцией по температуре в колонне КС-162			Регулирование расхода хлороксида с коррекцией по температуре триверов приплеча с Т-164			Регулирование расхода хлороксида с коррекцией по температуре триверов приплеча с Т-165			Регулирование уровня в емкости Е-166			Аварийное отключение насоса Н-168			Аварийное отключение насоса Н-167			Регулирование давления верха колонны КС-162			
	Т	Р	квант	Л	Ф	квант	Т	Ф	квант	Т	Ф	квант	Л	квант	по Т	по Л	по Р	по Т	по Л	по Р	Р	квант			
Установочный чертеж																									
Позиция	16-1	16-3	16-7	17-1	17-3	17-8	18-1	18-3	18-8	19-1	19-3	19-8	20-1	20-5	21-1	22-1	23-1	24-1	25-1	26-1	27-1	27-5			



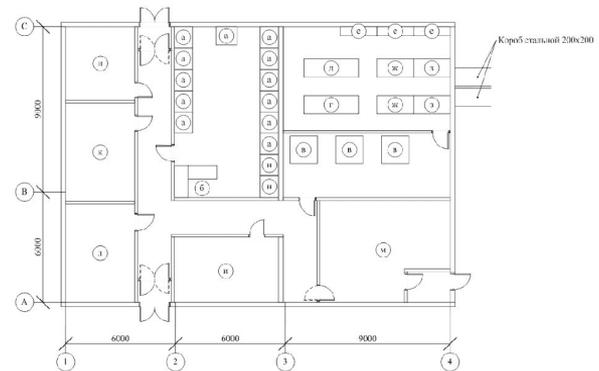
Поз.	Наименование	Марка и размер	Ед. изм.	Есть	Прим.
1	Сетевой кабель	ВВГ 3x2,5 ГОСТ 16442-80	м	146	
2	Контрольный кабель	МВСП 3x1,5	м	445	
3	Контрольный кабель	МВСП 3x1,0	м	139	
4	Контрольный кабель	КВВГ 2x1,5 ГОСТ 1508-78Е	м	66	
5	Контрольный кабель	КВВГ 2x 4x1,0 ГОСТ 1508-78Е	м	174	
6	Труба стальная	ДУ 6x2	м	633	
7	Труба стальная	М3М8x1 ГОСТ 8734-75	м	270	
8	Соединительная коробка	КВМ 3.2 152x152x109 (24 кл.)	шт	1	Итого: 15 6x3
9	Соединительная коробка	КВМ 3.2 152x152x109 (18 кл.)	шт	1	Итого: 15 6x3
10	Соединительная коробка	КВМ 4.2 182x306x199 (16 кл.)	шт	2	Итого: 15 6x3
11	Короб стальной	200x200 ТУ 36.22.21-36	шт	1	
12	Втулка	15кx340x2 ГОСТ 462/581	шт	17	
13	Полок стальной	20x4 ГОСТ 107-74	м	168	СХ3191107

ВКР 27.03.04.002.20.Г4				Дир.	Маст.	Ассист.
Смет.	Смет.	Исполн.	Исполн.	Смета выдана проводок:		
Монтаж	Монтаж	Монтаж	Монтаж	Итого	Итого	Итого
Контроль	Контроль	Контроль	Контроль	Выдана коллекционная работа:		
Исполн.	Исполн.	Исполн.	Исполн.	Итого	Итого	Итого
Мат. зап.	Мат. зап.	Мат. зап.	Мат. зап.	ИХТИ гр. 3602		



№	Позиция	Отметка	Примечание
1	Расход паз. 1-1	7210	
2	Регулирование расхода паз. 1-6	7210	
3	Температура паз. 2-1	7900	
4	Расход паз. 2-3	1510	
5	Регулирование расхода паз. 2-8	2210	
6	Температура паз. 3-1	3100	
7	Расход паз. 3-3	7210	
8	Регулирование расхода паз. 3-8	7210	
9	Температура паз. 4-1	10200	
10	Расход паз. 4-3	10500	
11	Регулирование температуры паз. 4-8	10500	
12	Температура паз. 5-1	7810	
13	Расход паз. 5-3	10200	
14	Регулирование температуры паз. 5-8	10200	
15	Уровень паз. 6-1	3000	
16	Регулирование уровня паз. 6-5	3000	
17	Короб соединительный У-615А-У2 X1	1510	
18	Короб стальной 200х200	9000	

Операторная М 1:100

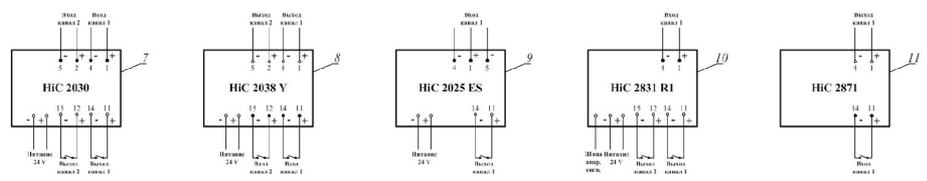
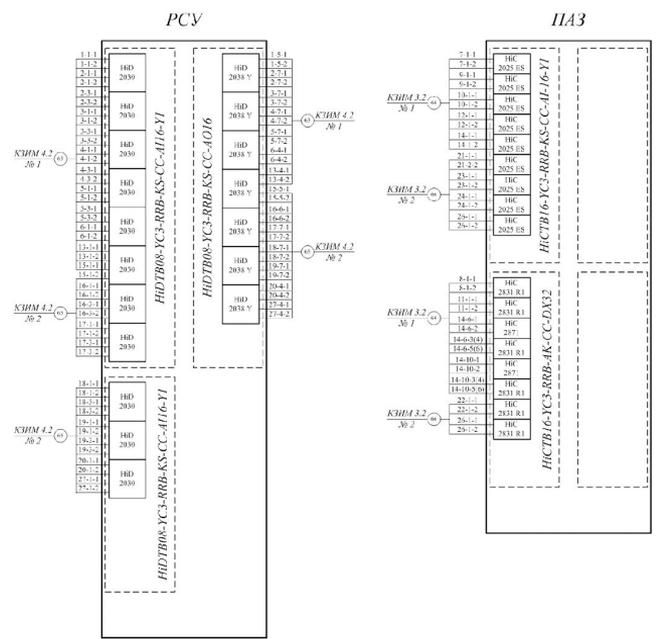
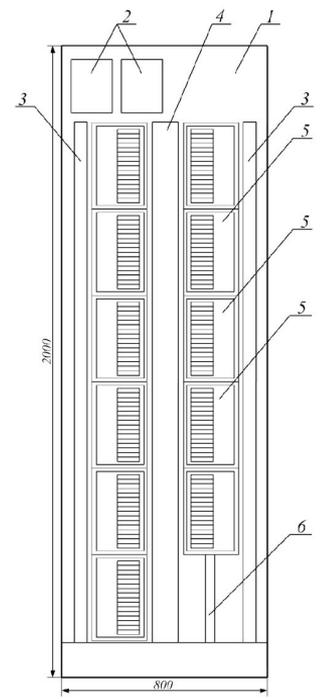


№	Наименование	Примечание
а	Место оператора	
б	Место начекина смены	
в	Место инженера-программиста	
г	Шкаф РСУ	
д	Шкаф ПА3	
е	Блок бесперебойного питания	
ж	Шкаф барьер искробезопасности	
з	Кресловый шкаф	
и	Санитарное помещение	
к	Комната приема пищи	
л	Комната хранения приборов	
м	Мастерская КИИ	
н	Сливная ресурс КИИ	

Позиция прибора и номера соединительных коробок соответствует схеме внешних электрических и трубных проводов

				ВКР 27.03.04.002.20.Г4		
№ п/п	№ докум.	Изд.	Дата	Действ.	Исполн.	Провер.
1	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
2	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
3	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
4	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
5	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
6	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
7	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
8	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
9	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
10	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
11	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
12	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
13	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
14	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
15	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
16	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
17	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
18	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
19	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
20	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
21	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
22	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
23	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
24	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
25	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
26	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
27	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
28	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
29	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
30	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
31	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
32	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
33	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
34	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
35	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
36	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
37	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
38	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
39	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
40	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
41	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
42	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
43	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
44	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
45	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
46	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
47	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
48	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
49	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
50	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
51	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
52	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
53	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
54	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
55	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
56	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
57	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
58	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
59	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
60	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
61	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
62	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
63	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
64	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
65	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
66	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
67	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
68	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
69	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
70	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
71	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
72	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
73	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
74	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
75	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
76	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
77	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
78	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
79	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
80	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
81	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
82	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
83	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
84	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
85	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
86	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
87	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
88	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
89	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
90	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
91	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
92	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
93	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
94	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
95	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
96	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
97	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
98	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
99	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			
100	27.03.04.002.20.Г4	1	2020			

Выпускной квалификационный  
работы  
ИХТИ гр. 3602



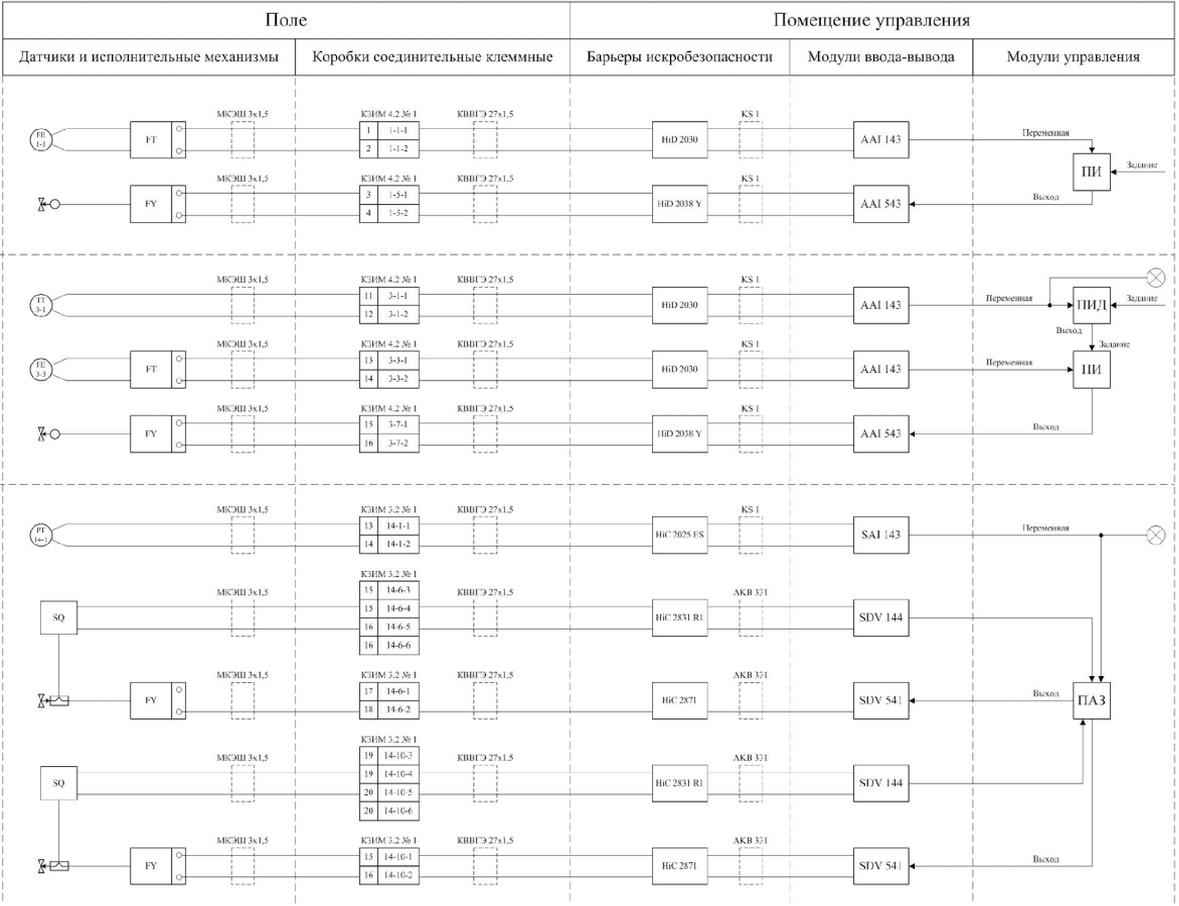
Поз.	Наименование	Кол.	Примечание
Стандартные изделия			
1	Стандартный шкаф 2000x800x800	2	
2	Резервируемый источник питания PS 1500	4	
3	Короб 100x100 Enterlec	3	
4	Короб 100x200 Enterlec	2	
5	Объемная плата	5	
6	DIN рейка	3	
7	Батарея резервизации емкости аккумуляторной ИИД 2020	11	
8	Батарея резервизации емкости аккумуляторной ИИД 2038 Y	7	
9	Батарея резервизации емкости аккумуляторной ИС 2025 ES	9	
10	Батарея резервизации емкости аккумуляторной ИС 2831 R1	6	
11	Батарея резервизации емкости аккумуляторной ИС 2871	2	

ВКР 27.03.04.002 20.174

Исполн.	И.И.И.	Дата	ДД/ММ/ГГ	Исполн.	И.И.И.	Дата	ДД/ММ/ГГ
Проверен.	И.И.И.	Дата	ДД/ММ/ГГ	Проверен.	И.И.И.	Дата	ДД/ММ/ГГ
Согласован.	И.И.И.	Дата	ДД/ММ/ГГ	Согласован.	И.И.И.	Дата	ДД/ММ/ГГ
Исполн.	И.И.И.	Дата	ДД/ММ/ГГ	Исполн.	И.И.И.	Дата	ДД/ММ/ГГ

Выпускная документация  
работы

ИХТИ гр. 3602



ВКР 27.03.04.002.20.ГЧ				Дата: _____		
Исполн.	Исполн.	Исполн.	Исполн.	Дата	Лист №	Листов №
Сметчик	Проектировщик	Инженер	Инженер			
Сметчик	Проектировщик	Инженер	Инженер			
Сметчик	Проектировщик	Инженер	Инженер			
Сметчик	Проектировщик	Инженер	Инженер			

Схема сигнальных цепей

Выполнен коллективной работой

ИХТИ пр. 3602

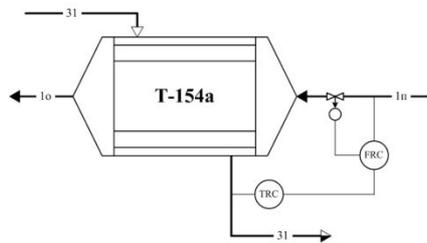


Рис. 1 Контур регулирования расхода оборотной воды в конденсатор с коррекцией по температуре триггером пропилена

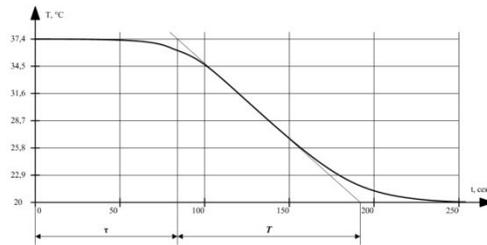


Рис. 2 Кривая разгона основного контура (регулирование температуры)

$$W_{осн} = \frac{0,87 * e^{-54 p}}{192 p + 1}$$

Передаточная функция основного контура регулирования

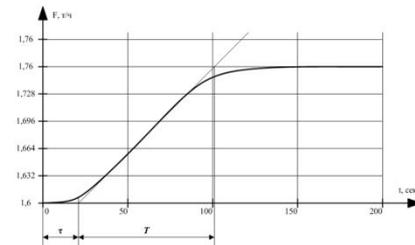


Рис. 3 Кривая разгона вспомогательного контура (регулирование расхода)

$$W_{всп} = \frac{1 * e^{-21 p}}{71 p + 1}$$

Передаточная функция вспомогательного контура регулирования

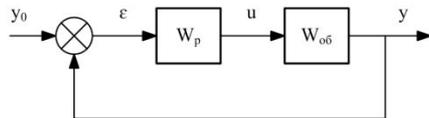


Рис. 4 Структурная схема одноконтурной АСР

$$W_{об} = W_{осн} = \frac{0,87 * e^{-54 p}}{192 p + 1}$$

Таблица 1 – Расчет П, ПИ, ПИД регуляторов

Регулятор	Передаточная функция	Формулы расчета коэффициентов
П	$C_1$	$C_1 = 0,5 * C_{1sp}$
ПИ	$C_1 + C_0/p$	$C_1 = 0,45 * C_{1sp}$ $C_0 = 0,08 * C_{1sp} * W_{об}$
ПИД	$C_1 + C_0/p + C_2 * p$	$C_1 = 0,6 * C_{1sp}$ $C_0 = 0,2 * C_{1sp} * W_{об}$ $C_2 = 0,468 * C_{1sp} / W_{об}$

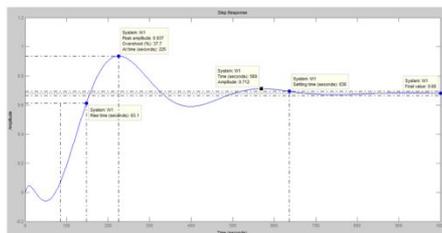


Рис. 5 График переходного процесса одноконтурной АСР с П-регулятором

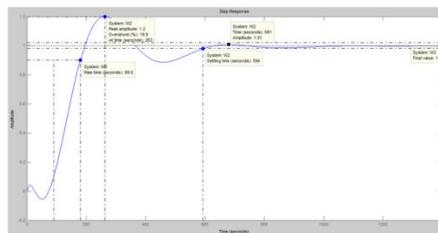


Рис. 6 График переходного процесса одноконтурной АСР с ПИ-регулятором

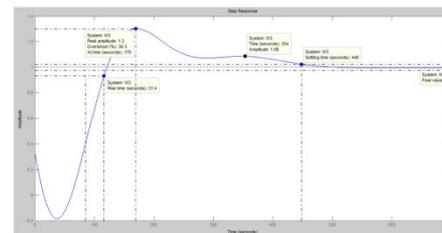


Рис. 7 График переходного процесса одноконтурной АСР с ПИД-регулятором

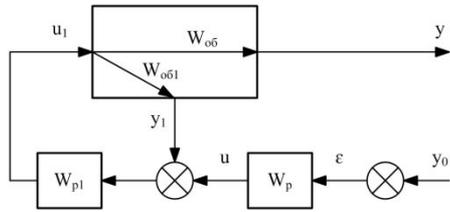


Рис. 8 Структурная схема каскадной АСР

$$W_{об} = W_{осн} = \frac{0,87 * e^{-54p}}{192p + 1} \quad W_{об1} = W_{всп} = \frac{1 * e^{-21p}}{71p + 1}$$

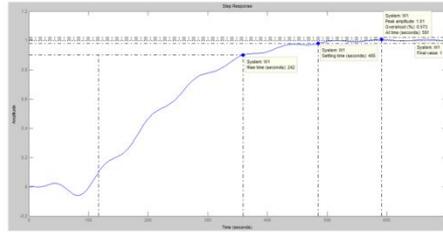


Рис. 9 График переходного процесса каскадной АСР с ПИ-ПИ регулятором

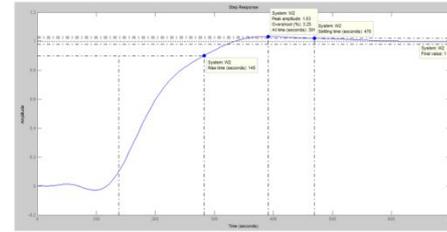


Рис. 10 График переходного процесса каскадной АСР с ПИ-ПИ регулятором

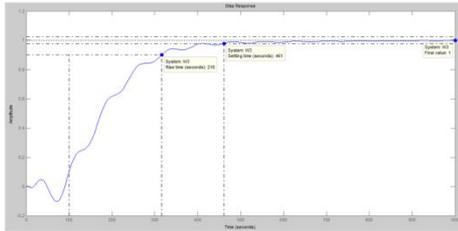


Рис. 11 График переходного процесса каскадной АСР с ПИ-ПИД регулятором

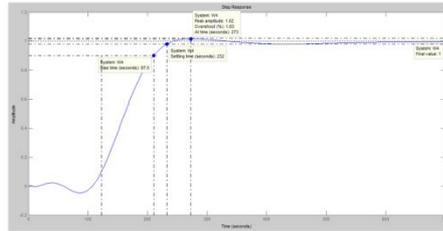


Рис. 12 График переходного процесса каскадной АСР с ПИ-ПИД регулятором

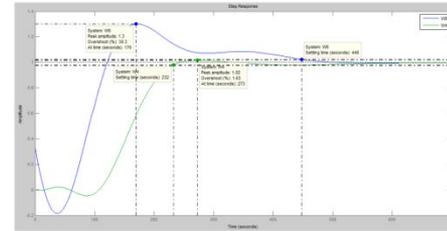


Рис. 13 Графики переходных процессов одноконтурной АСР с ПИД-регулятором и каскадной АСР с ПИ-ПИД регулятором

Таблица 3 – Сравнительная характеристика показателей качества одноконтурных систем регулирования

	Показатели качества регулирования				
	ε	У <sub>шт</sub>	t <sub>с</sub> , сек	σ, %	ψ
П-регулятор	0,32	0,257	636	33,79	0,240128
ПИ-регулятор	0	0,3	594	20	0,188119
ПИД-регулятор	0	0,3	448	30	0,203704

Таблица 4 – Сравнительная характеристика показателей качества каскадных систем регулирования

	Показатели качества регулирования				
	ε	У <sub>шт</sub>	t <sub>с</sub> , сек	σ, %	ψ
П-ПИ регулирование	0	0,01	485	1	0,011011
ПИ-ПИ регулирование	0	0,02	470	3	-
П-ПИД регулирование	0	0	461	0	0,0030333
ПИ-ПИД регулирование	0	0,02	223	2	-

№	Наименование статей	Сумма, руб.
1	Капитальные затраты	
	1. Стоимость средств автоматизации	15 586 553,95
	2. Стоимость проектировочных работ	779 327,70
	3. Стоимость инженерных работ и обучения	1 091 058,78
	4. Транспортно-заготовительные расходы	779 327,70
	5. Стоимость демонтажных и монтажных работ	1 558 655,40
	6. Стоимость пуско-наладочных работ	3 117 310,79
	7. Стоимость программного обеспечения	50 000
	ИТОГО	22 962 234,31
2	Дополнительные эксплуатационные издержки	
	1. Амортизационные отчисления	2 296 223,43
	2. Затраты на ремонт	1 148 111,72
	3. Затраты на содержание и обслуживание	1 148 111,72
	4. Прочие затраты	688 867,03
	ИТОГО	5 281 313,89
3	Экономия	
	1. За счет уменьшения потребления пара	3 900 092,15
	2. За счет увеличения производительности триммеров и тетрамеров пропилена	6 605 964
4	Годовой экономический эффект	5 224 742,26
5	Срок окупаемости капитальных вложений	4,4 (года)
6	Экономическая эффективность	0,2275

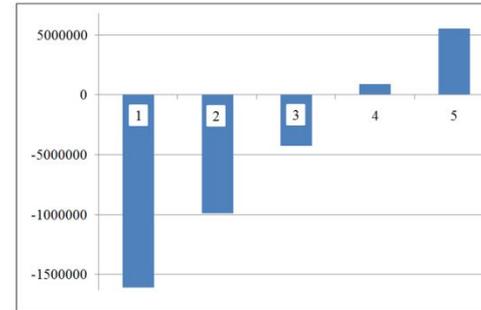


График экономической динамики по годам

Спасибо за внимание!