

Литература

ИНФОРМАЦИОННО – МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Основная литература

- Преображенский В.П. Теплотехнические измерения и приборы М.: Энергия, 1978.
- Туричин А.М. и др. электрические измерения неэлектрических величин. М.: Энергия, 1975.
- Кулаков М.В Технологические измерения и приборы для химических производств. М.: Машиностроение, 1983.
- Левшина Е.С, Новицкий П.В. Измерительные преобразователи. Л.: Энергоиздат, 1983.
- Прохоров В.А. Основа автоматизации аналитического контроля химических производств. – М.: Химия, 1984.
- Кулаков М.В., Казаков А.В., Шелястин М.В. Технологические измерения и аналитические приборы в химической промышленности – М.: Машиностроение, 1978.
- Арутюнов С.С., Цейлих Б.М. Датчики состава и свойств вещества – М.: Энергия 1969.
- Промышленные приборы и средства автоматизации: Справочник под общ. ред. В.В.Черенкова. Л.: Машиностроение, 1987.
- Голубятников В.А., Шувалов В.В. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности.- М.: Химия,1985.-352с.

Целью преподавания дисциплины является обучение студентов принципам построения и особенностям работы первичных и промежуточных преобразователей и вторичных приборов для автоматизированных измерений регуляторов и исполнительных устройств в технологических процессах отрасли.

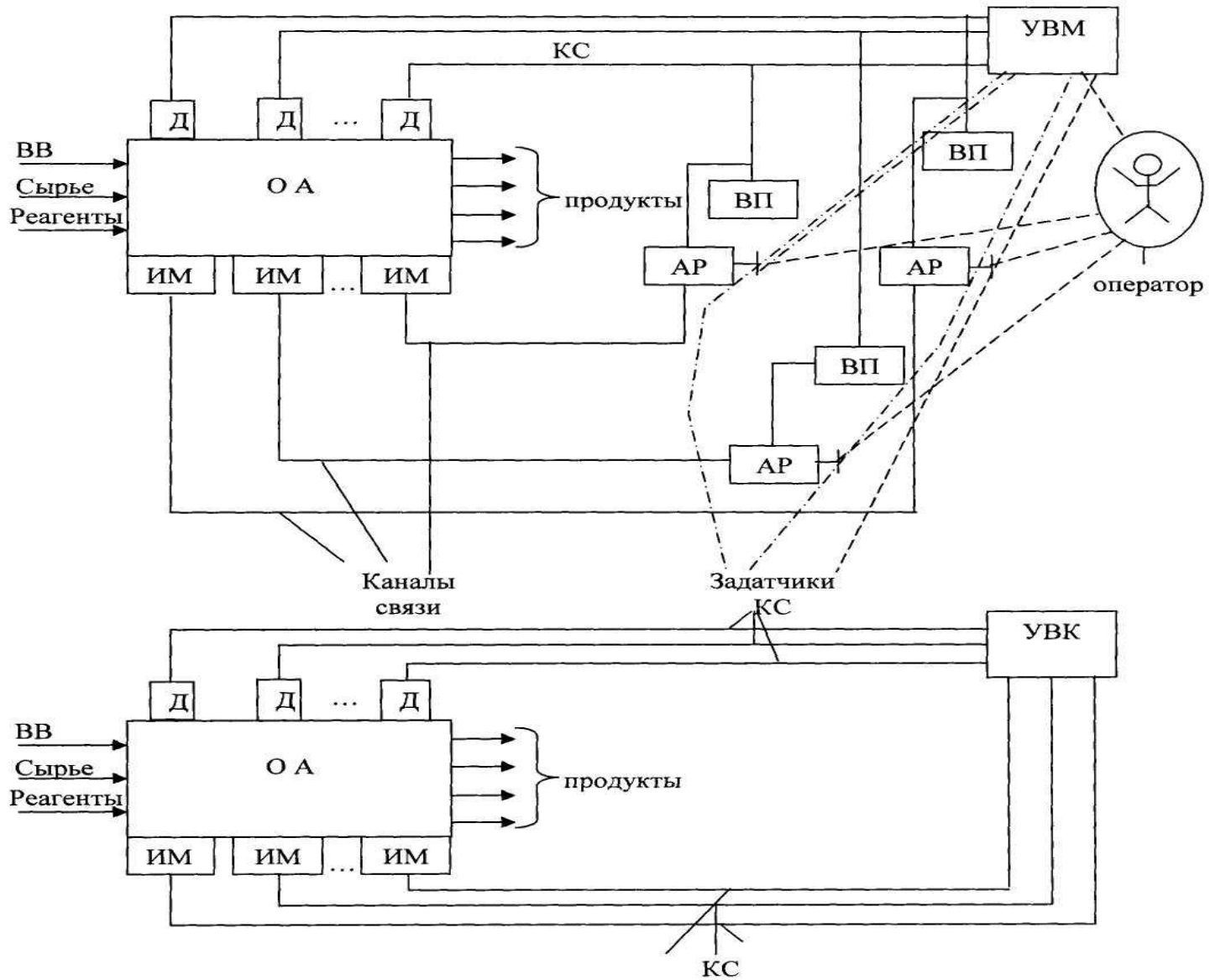
Задачи курса

- В результате изучения данной дисциплины студент должен знать:**
- а) основы метрологии и организации метрологической службы;**
 - б) методы измерения различных координат технологических процессов;**

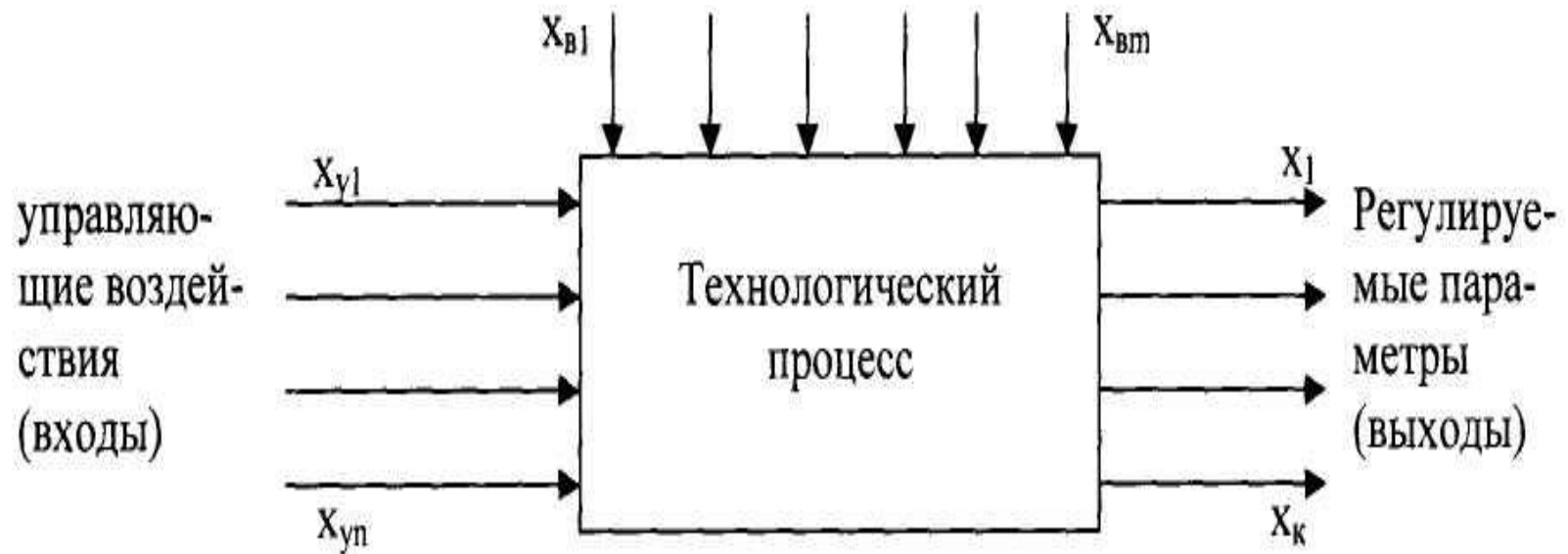
Продолжение

- в) основные типы стандартных первичных и нормирующих преобразователей и вторичных приборов для автоматизированных измерений в технологических процессах отраслей;**
- г) методику работ над функциональными схемами автоматизации производств;**
- д) методику расчета метрологических характеристик систем измерения**

Вид сигнала	Физическая величина	Параметры сигнала
Электрический	Постоянный ток	0÷5; 0-20; -5÷0+5; 4-20 mA
- « -	Постоянное напряжение	0-10; 0-20; -10-0+10 mV
- « -	Переменное напряжение	0-2; -1÷0÷+1 В
	частота	2-8; 2-4 кГц
Пневматический	Давление	0,2 -1 кг/см ² (0,02-0,1 МПа)
Гидравлический	давление	0,1 – 6,4 МПа



Возмущающие воздействия



Используемые стандартные градуировки

Термо ЭП	град	диапазон	пред
Хромель-капель (ТХК)	ХК	- 50 ÷ 600	1800 ⁰ С
Хромель-Алюмель (ТХА)	ХА	- 50 ÷ 1000	1300
Платинородий- Платина (ТПП)	ПП	0 ÷ 1300	1600
Платинородий- Платинородий (ТПР)	ПР	300 ÷ 1600	1800
Вольфрамрений (ТВР)	ВР	0 ÷ 2200	2500


Обозначение	Наименование
E P G	Род энергии сигнала: электрический пневматический гидравлический
A D	Виды форм сигнала: аналоговый дискретный
Σ k \times $:$ f^n $\sqrt[n]{}$ \lg dx/dt \int $x(-1)$ \max \min	Операции, выполняемые вычислительным устройством: суммирование умножение сигнала на постоянный коэффициент k перемножение двух и более сигналов друг на друга деление сигналов друг на друга возведение величины сигнала f в степень n извлечение из величины сигнала корня степени n логарифмирование дифференцирование интегрирование изменение знака сигнала ограничение верхнего значения сигнала ограничение нижнего значения сигнала
B_i B_o	Связь с вычислительным комплексом: передача сигнала на ЭВМ вывод информации с ЭВМ






Буквенные символы измеряемых величин и функциональные признаки приборов следует знать наизусть. Понимание происхождения символов облегчает задачу их запоминания. С целью унификации с международным стандартом ANSI ISA-S5.1-1984(R 1992) [4] буква символа, как правило, первая буква английского слова, обозначающего параметр или соответствующую функцию:

- A (Alarm) Тревога - символ сигнализации.
- C (Choice) Выбор, отбор - функциональный признак автоматического регулирования, управления.
- D (Density) Плотность, удельный вес, символ плотности.
- D (Differential) Дифференциал, разность - дополнительное обозначение после измеряемой величины разности, перепада.
- E (Electric) Электрический - символ любой электрической величины.










E (Electric)	Электрический – символ любой электрической величины.
E (Elementary)	Первичный – функциональный признак первичного преобразователя, сенсора.
F (Flow)	Течение, поток, струя – символ расхода.
F (Fraction)	Дробь – дополнительное обозначение после измеряемой величины соотношения, доли.
G (Gabarit)	Габарит, размер – символ измерения размера, положения, перемещения.
H (Hand)	Рука – символ ручного воздействия.
H (High)	Высокий, верхний – функциональный признак верхнего предела измеряемой величины.
I (Indicate)	Индикация, указание – функциональный признак показывающего прибора.
K (Control)	Контроль (времени) – символ времени, временной программы.
K (Control station)	Станция контроля – функциональный признак наличия переключателя для выбора вида управления (ручное, автоматическое) и устройства для дистанционного управления.
L (Level)	Уровень – символ уровня.
L (Low)	Низкий – функциональный признак нижнего предела измеряемой величины.











M (Moist)	Влажный – символ влажности.
P (Pressure)	Давление – символ давления, вакуума.
P (Pneumatic)	Пневматический, воздушный – обозначение пневматического сигнала.
Q (Quality)	Качество – символ качества (состав, концентрация и т.п.).
Q (Quantity)	Количество, сумма – дополнительный символ интегрирования, суммирования по времени.
R (Radiation)	Радиация – символ радиоактивности.
R (Record)	Записывать, регистрировать – функциональный признак регистрации информации.
S (Speed)	Скорость – символ скорости, частоты.
S (Switch)	Включение – функциональный признак формирования сигнала включения, отключения, переключения, блокировки.
T (Temperature)	Температура – символ температуры.
T (Transmit)	Передавать – функциональный признак дистанционной передачи сигнала; символ преобразователя сигнала.
U (Universal)	Универсальный – символ измерения нескольких разнородных величин.
V (Viscosity)	Вязкость – символ вязкости.
W (Weight)	Вес, груз – символ массы.










Обозначение	Наименование
1	2
	<p>Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения температуры, установленный по месту. Например: преобразователь термоэлектрический (термопара), термопреобразователь сопротивления, термобаллон манометрического термометра, датчик пирометра и т.п.</p>









1	2
	<p>Байпасная панель дистанционного управления, установленная на щите</p>
	<p>Переключатель электрических цепей измерения (управления), переключатель для газовых (воздушных) линий, установленный на щите</p>
	<p>Прибор для измерения давления (разрежения) показывающий, установленный по месту. Например: любой показывающий манометр, дифманометр, тягомер, напоромер, вакуумметр и т. п.</p>
	<p>Прибор для измерения перепада давления показывающий, установленный по месту. Например: дифманометр показывающий</p>
	<p>Прибор для измерения давления (разрежения) бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту. Например: манометр (дифманометр) бесшкальный с пневмо- или электропередачей</p>
	<p>Прибор для измерения давления (разрежения) регистрирующий, установленный на щите. Например: самопишущий манометр или любой вторичный прибор для регистрации давления.</p>
	<p>Прибор для измерения давления с контактным устройством, установленный по месту. Например: реле давления</p>
	<p>Прибор для измерения давления (разрежения) показывающий с контактным устройством, установленный по месту. Например: электроконтактный манометр, вакуумметр и т. п.</p>
	<p>Регулятор давления, работающий без использования постороннего источника энергии (регулятор давления прямого действия) «до себя»</p>

1	2
	<p>Байпасная панель дистанционного управления, установленная на щите</p>
	<p>Переключатель электрических цепей измерения (управления), переключатель для газовых (воздушных) линий, установленный на щите</p>
	<p>Прибор для измерения давления (разрежения) показывающий, установленный по месту. Например: любой показывающий манометр, дифманометр, тягомер, напоромер, вакуумметр и т. п.</p>
	<p>Прибор для измерения перепада давления показывающий, установленный по месту. Например: дифманометр показывающий</p>
	<p>Прибор для измерения давления (разрежения) бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту. Например: манометр (дифманометр) бесшкальный с пневмо- или электропередачей</p>
	<p>Прибор для измерения давления (разрежения) регистрирующий, установленный на щите. Например: самопишущий манометр или любой вторичный прибор для регистрации давления.</p>
	<p>Прибор для измерения давления с контактным устройством, установленный по месту. Например: реле давления</p>
	<p>Прибор для измерения давления (разрежения) показывающий с контактным устройством, установленный по месту. Например: электроконтактный манометр, вакуумметр и т. п.</p>
	<p>Регулятор давления, работающий без использования постороннего источника энергии (регулятор давления прямого действия) «до себя»</p>

1	2
	<p>Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения расхода, установленный по месту. Например: диафрагма, сопло, труба Вентури, датчик индукционного расходомера и т. п.</p>
	<p>Прибор для измерения расхода бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту. Например: дифманометр (ротаметр), бесшкальный с пневмо- или электропередачей</p>
	<p>Прибор для измерения соотношения расходов регистрирующий, установленный на щите. Например: любой вторичный прибор для регистрации соотношения расходов</p>
	<p>Прибор для измерения расхода показывающий, установленный по месту. Например: дифманометр (ротаметр), показывающий</p>
	<p>Прибор для измерения расхода интегрирующий, установленный по месту. Например: любой бесшкальный счетчик-расходомер с интегратором</p>
	<p>Прибор для измерения расхода показывающий, интегрирующий, установленный по месту. Например: показывающий дифманометр с интегратором</p>
	<p>Прибор для измерения расхода интегрирующий, с устройством для выдачи сигнала после прохождения заданного количества вещества, установленный по месту. Например: счетчик-дозатор</p>
	<p>Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения уровня, установленный по месту. Например: датчик электрического или емкостного уровнемера</p>
	<p>Прибор для измерения уровня показывающий, установленный по месту. Например: манометр (дифманометр), используемый для измерения уровня</p>

1	2
	<p>Прибор для измерения уровня с контактным устройством, установленный по месту. Например: реле уровня, используемое для блокировки и сигнализации верхнего уровня</p>
	<p>Прибор для измерения уровня бесшкальный, с дистанционной передачей показаний, установленный по месту. Например: уровнемер бесшкальный с пневмо- или электропередачей</p>
	<p>Прибор для измерения уровня бесшкальный, регулирующий, с контактным устройством, установленный по месту. Например: электрический регулятор-сигнализатор уровня. Буква <i>H</i> в данном примере означает блокировку по верхнему уровню</p>
	<p>Прибор для измерения уровня показывающий, с контактным устройством, установленный на щите. Например: вторичный показывающий прибор с сигнальным устройством. Буквы <i>H</i> и <i>L</i> означают сигнализацию верхнего и нижнего уровней</p>
	<p>Прибор для измерения плотности раствора бесшкальный, с дистанционной передачей показаний, установленный по месту. Например: датчик плотномера с пневмо- или электропередачей</p>
	<p>Прибор для измерения размеров показывающий, установленный по месту. Например: показывающий прибор для измерения толщины стальной ленты</p>
   	<p>Прибор для измерения любой электрической величины показывающий, установленный по месту. Например:</p> <p>Напряжение*</p> <p>Сила тока*</p> <p>Мощность*</p>

1	2
	<p>Прибор для управления процессом по временной программе, установленный на щите. Например: командный электропневматический прибор (КЭП), многоцепное реле времени</p>
	<p>Прибор для измерения влажности регистрирующий, установленный на щите. Например: вторичный прибор влагомера</p>
	<p>Первичный измерительный преобразователь (чувствительный элемент) для измерения качества продукта, установленный по месту. Например: датчик pH-метра</p>
	<p>Прибор для измерения качества продукта показывающий, установленный по месту. Например: газоанализатор показывающий для контроля содержания кислорода в дымовых газах</p>
	<p>Прибор для измерения качества продукта регистрирующий, регулирующий, установленный на щите. Например: вторичный самопишущий прибор регулятора концентрации серной кислоты в растворе</p>
	<p>Прибор для измерения радиоактивности показывающий, с контактным устройством, установленный по месту. Например: прибор для показания и сигнализации предельно допустимых концентраций α- и β-лучей</p>
	<p>Прибор для измерения скорости вращения привода регистрирующий, установленный на щите. Например: вторичный прибор тахогенератора</p>
	<p>Прибор для измерения нескольких разнородных величин регистрирующий, установленный по месту. Например: самопишущий дифманометр-расходомер с дополнительной записью давления. Надпись, расшифровывающая измеряемые величины, наносится справа от прибора</p>
	<p>Прибор для измерения вязкости раствора показывающий, установленный по месту. Например: вискозиметр показывающий</p>

1	2
	<p>Прибор для измерения массы продукта показывающий, с контактным устройством, установленный по месту. Например: устройство электронно-тензометрическое, сигнализирующее</p>
	<p>Прибор для контроля погасания факела в печи беспшкальный, с контактным устройством, установленный на щите. Например: вторичный прибор запально-защитного устройства. Применение резервной буквы <i>B</i> должно быть оговорено на поле схемы</p>
	<p>Преобразователь сигнала, установленный на щите. Входной сигнал электрический, выходной сигнал тоже электрический. Например: преобразователь измерительный, служащий для преобразования т.э.д.с. термометра термоэлектрического в сигнал постоянного тока</p>
	<p>Преобразователь сигнала, установленный по месту. Входной сигнал пневматический, выходной – электрический</p>
	<p>Вычислительное устройство, выполняющее функцию умножения. Например: множитель на постоянный коэффициент <i>K</i></p>
	<p>Пусковая аппаратура для управления электродвигателем (включение, выключение насоса; открытие, закрытие задвижки и т. д.). Например: магнитный пускатель, контактор и т. п. Применение резервной буквы <i>N</i> должно быть оговорено на поле схемы</p>
	<p>Аппаратура, предназначенная для ручного дистанционного управления (включение, выключение двигателя; открытие, закрытие запорного органа, изменение задания регулятору), установленная на щите. Например: кнопка, ключ управления, задатчик</p>
	<p>Аппаратура, предназначенная для ручного дистанционного управления, снабжения устройством для сигнализации, установленная на щите. Например: кнопка со встроенной лампочкой, ключ управления с подвеской и т. п.</p>

Правила построения условных обозначений

Условные обозначения приборов и средств автоматизации, применяемые в схемах, включают графические, буквенные и цифровые обозначения.

В верхней части графического обозначения наносят буквенные обозначения измеряемой величины и функционального признака прибора, определяющего его назначение.

В нижней части графического обозначения наносят цифровое (позиционное) обозначение прибора или комплекта средств автоматизации.



Рис.3. Принцип построения условного обозначения прибора

Развернутый метод выполнения схем автоматизации



*Рис. 4. Диафрагма расходомера
переменного перепада*

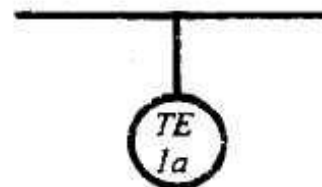


Рис. 5. Термометр сопротивления

Пример выполнения обозначений

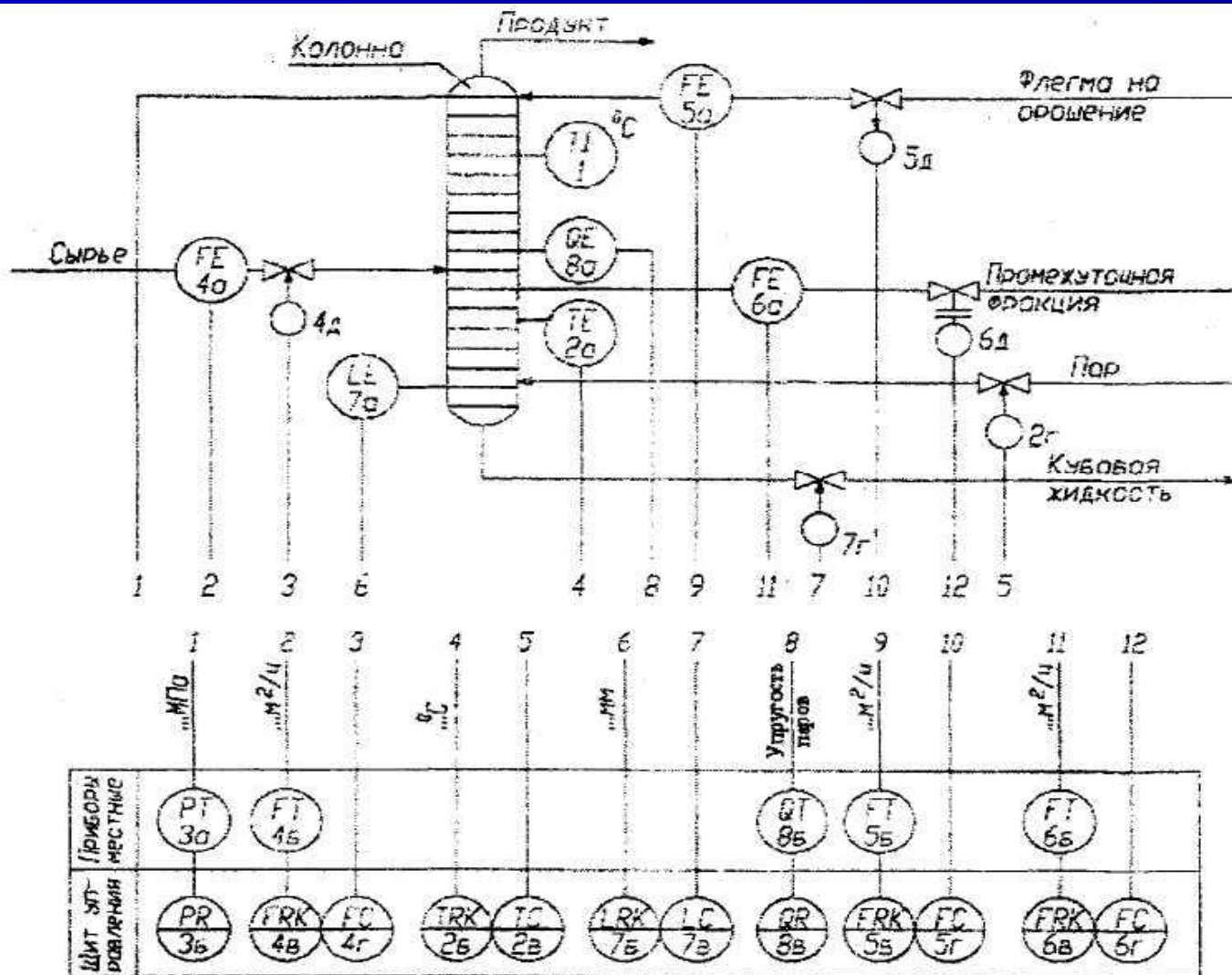
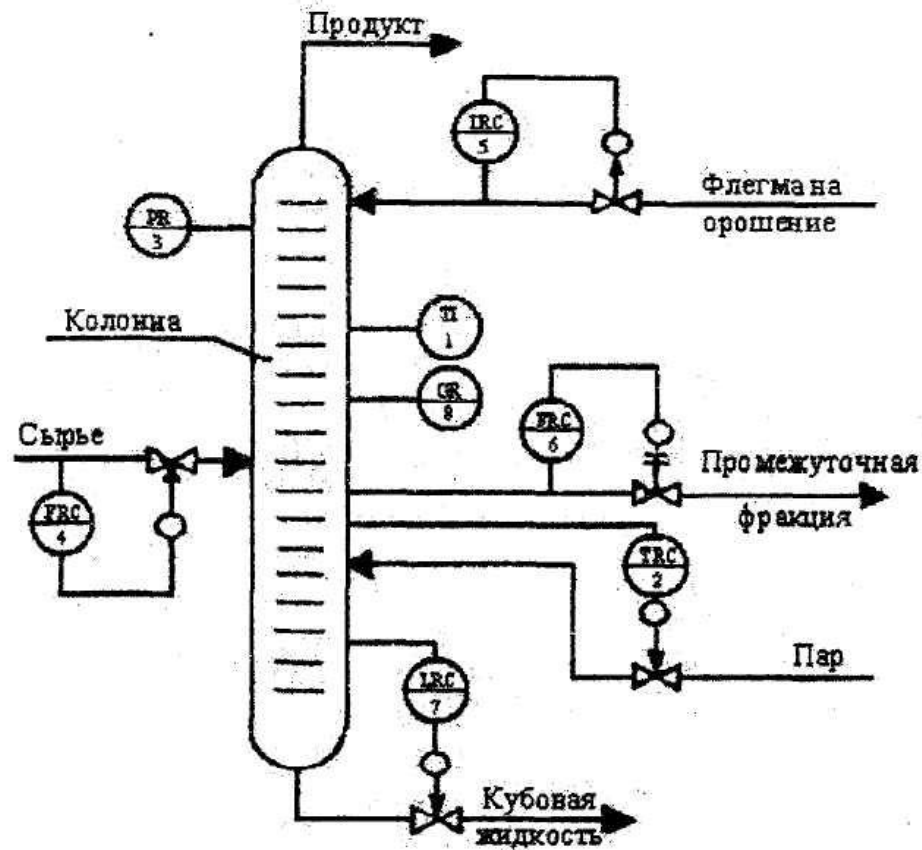


Рис. 6. Пример выполнения схемы автоматизации развернутым способом

Упрощенный метод выполнения схем автоматизации



Номер контура	2	3	4,5,6	7	8
Номер листа	2	2	2	2	2

Рис. 7. Пример выполнения схемы автоматизации упрощенным методом

Пример структурной схемы

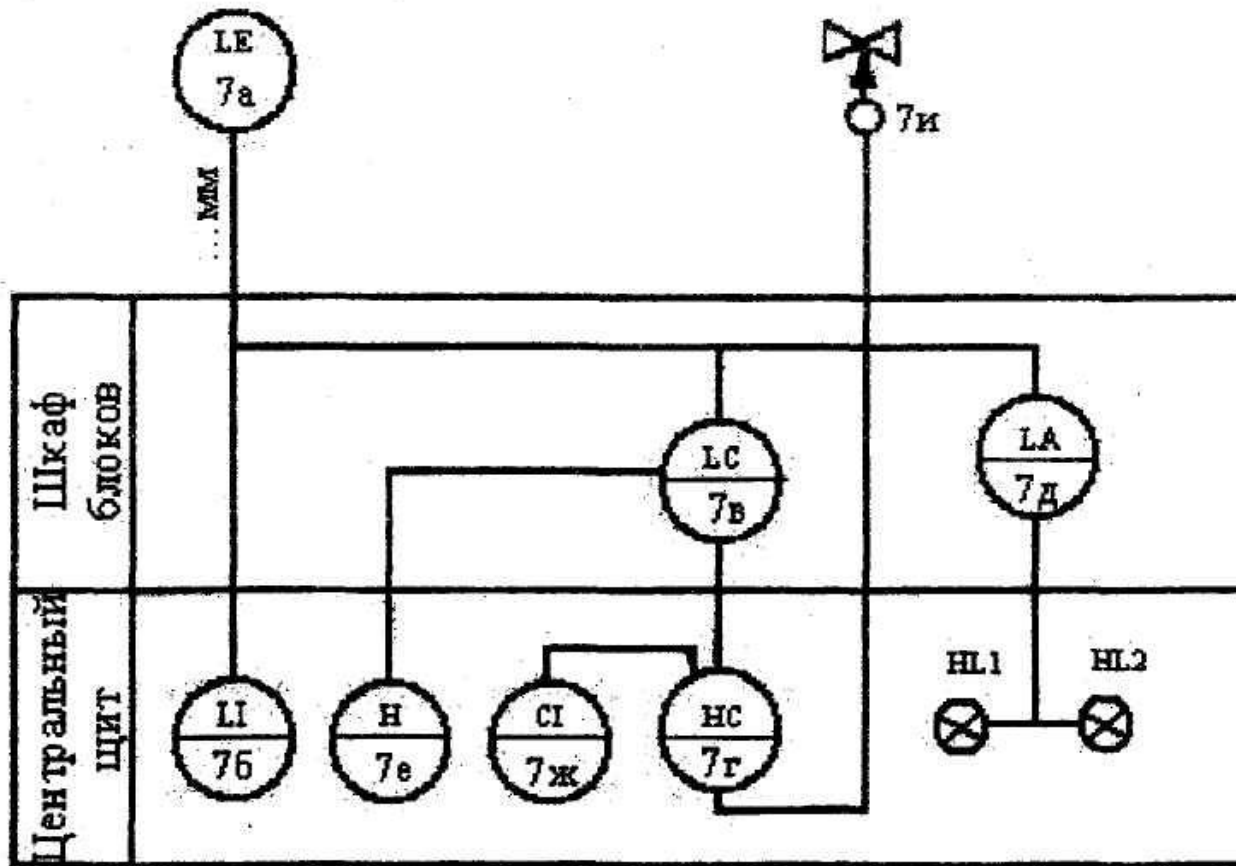
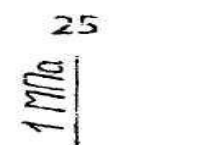
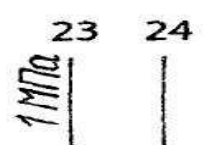
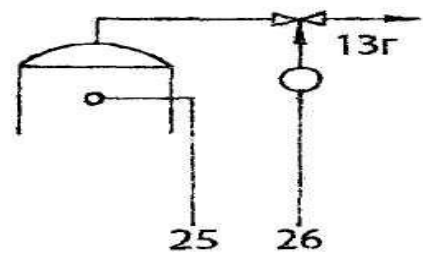
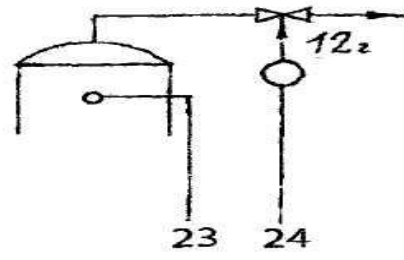
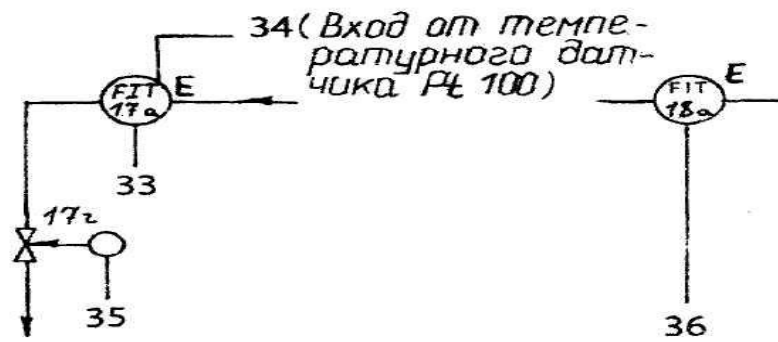


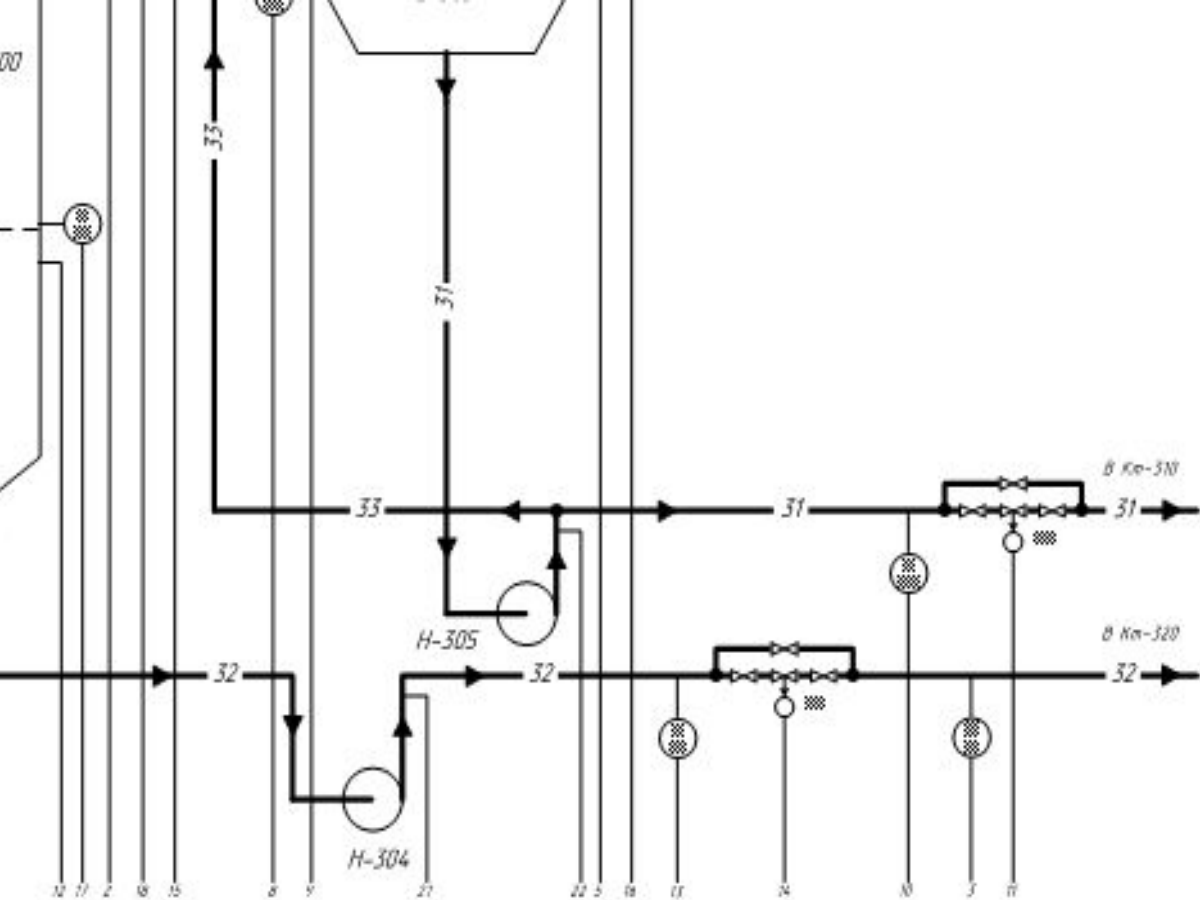
Рис. 8. Пример структурной схемы контура



Приборы и аппаратура по месту				
Операторная контрольная и управляющая ... (цеха 1815)	Панели аппаратуры и приборов			
	рсу контроллера "АРАС"	Аналоговый вход V_i		
		Аналоговый выход V_o		
		Дискретный вход D_i		V_{ii}
		Дискретный выход D_o		
	Система ПАЗ контроллер "QUADLOG"	Аналоговый вход V_i		
		Аналоговый выход V_o		
		Дискретный вход		
Дискретный выход				

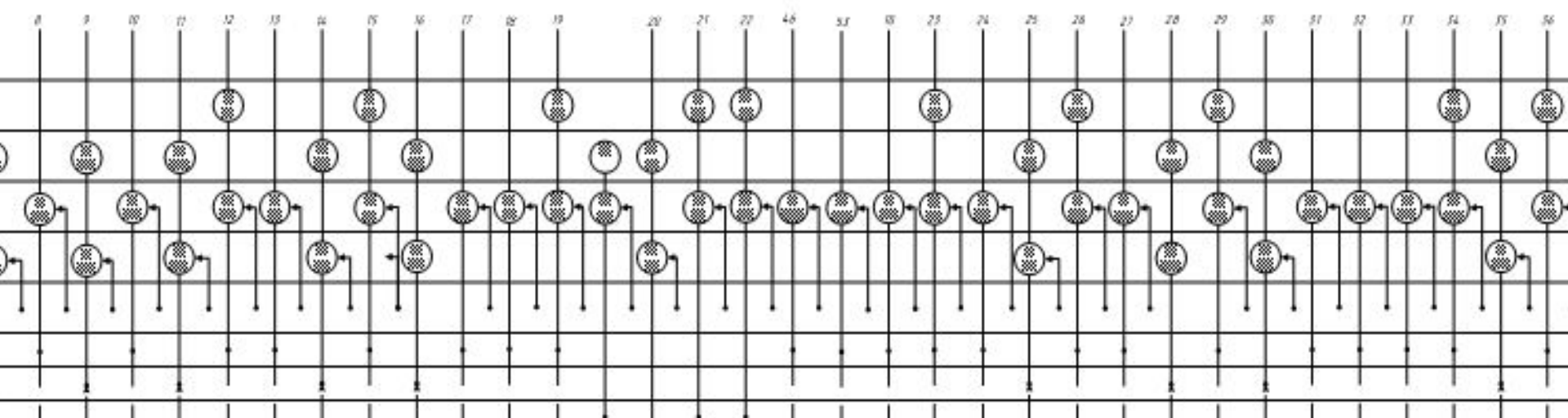


		33	35	36	
		... кг/ч		... кг/ч	
Приборы и аппаратура по месту		EY 175 E/E	EY 176 E/E	EY 185 E/E	
Операторная консоль и управление ... (цех 1815)	Панели аппаратуры и приборов				
	PCU контроллер пер. "ARACS"	Аналоговый вход B_i	B_{i3}		B_{i4}
		Аналоговый выход B_o		B_{o3}	
		Дискретный вход D_i			
		Дискретный выход D_o			
	Система ПАЗ контроллер "QUADLOG"	Аналоговый вход B_i			
		Аналоговый выход B_o			
		Дискретный вход			
Дискретный выход					



Перечень технологических потоков

Обозначение	Наименование технологического потока
1a	Вода промышленная пр.
1b	Вода промышленная обр.
2	Пар 0,6 МПа
30	Дистиллят этиленгликоля
31	Ацетальдегидная фракция
32	Фракция этиленгликоля
33	Флегма в КД
34	Кубовая жидкость
35	Пар ацетальдегидной фракции
36	Пар этиленгликольной фракции
37	Флегма в КД
38	Кубовая жидкость
39	Пар ацетальдегидной фракции
40	Товарный этиленгликоль
41	Флегма в КД
42	Кубовая жидкость
43	Подушки легкого топлива

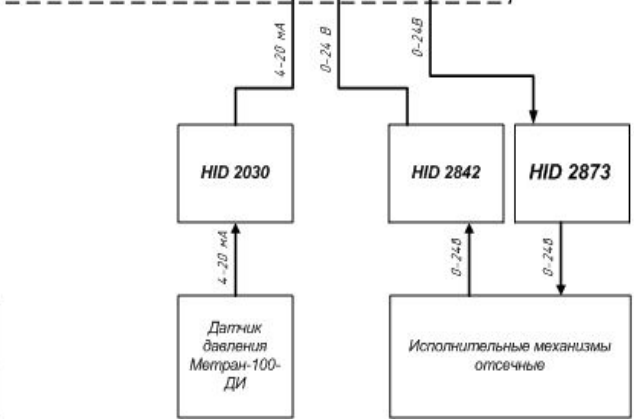
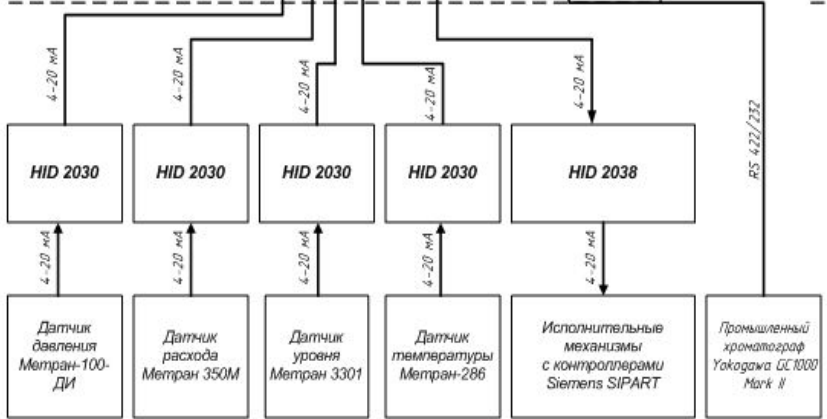
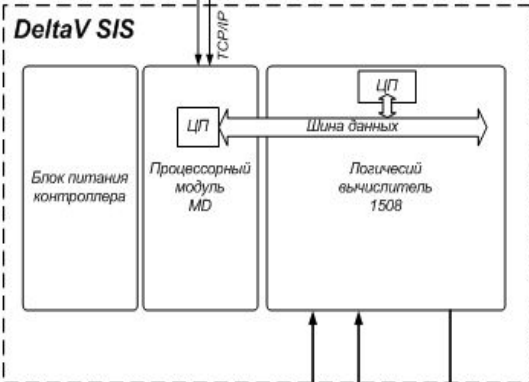
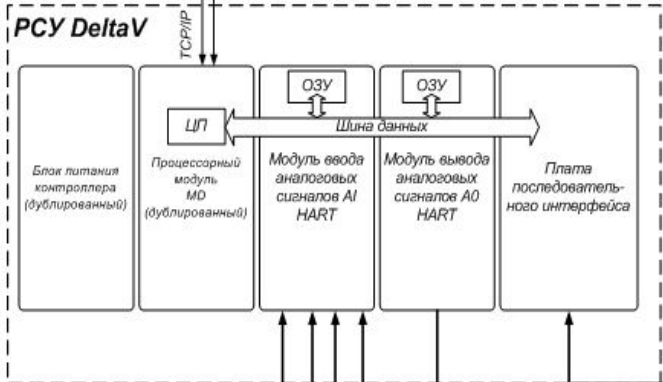
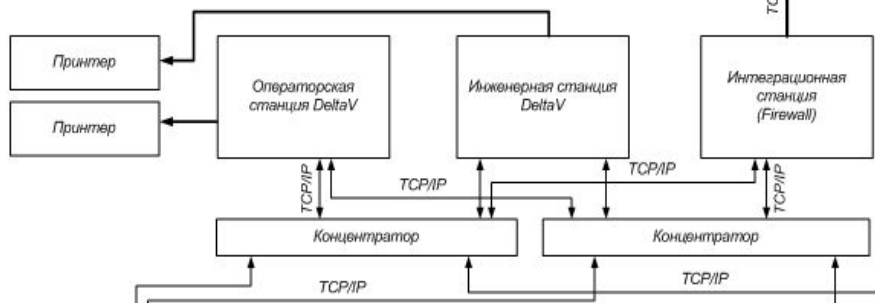


Спецификация на приборы и средства автоматизации

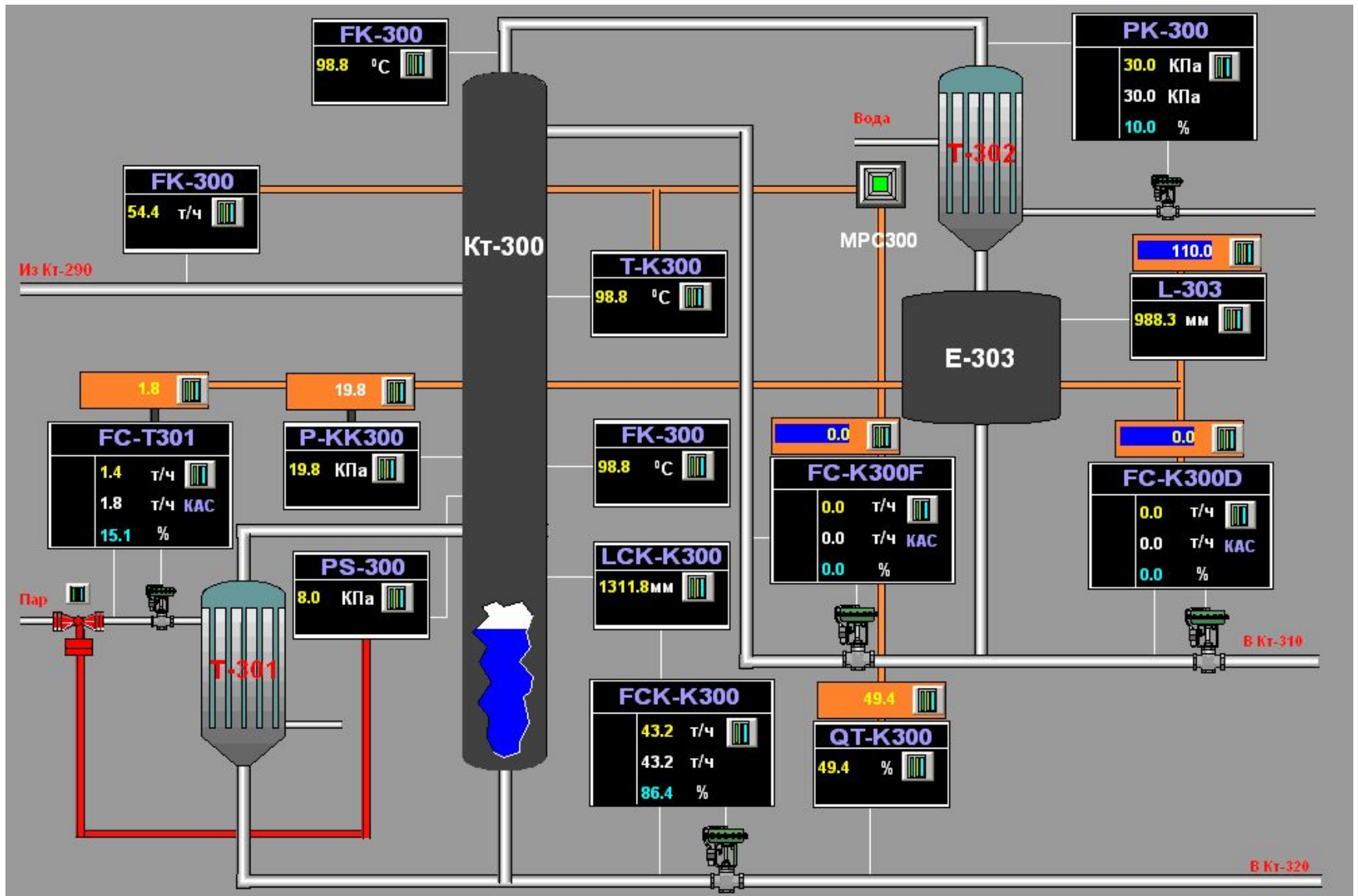
Позиционное обозначение	Наименование параметра, среда и место отбора	Предельное значение параметра	Место установки	Наименование и характеристика	Тип и модель	Количество по проекту		Изготовитель или поставщик	Примечание
						На один аппарат	На все аппараты		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-1	Состав дистиллята Кт-420	Бензальдегид ≤ 0,12% масс.	Операторная	Измеряемая среда: газ или жидкость с температурой кипения до 450°C. Пределы измерений: от 1 ppm до 100%; температура окружающей среды: от -10 до +50°C; максимальное количество измеряемых потоков: 31; максимальное количество измеряемых компонентов: 255; воспроизводимость: 1% от диапазона измерения; выход: 4-20 мА, RS422/232. Детектор: катарометр. Газ-носитель: N ₂	GC1000 D Mark II		1	«Yokogawa Electric Works. LTD»	
1-2	Температура на 7 тарелке колонны Кт-420	148 °С	На линии	Термопреобразователь платиновый с унифицированным выходным сигналом. Материал защитной арматуры: 12Х18Н10Т. Длина погружной части L=500 мм. Взрывозащита: ExiaIICT6X. НСХ: 100П. Диапазон измеряемых температур: от 0 до 200 °С. Выходной сигнал 4-20 мА. 1 чувствительный элемент. Степень защиты от воздействия пыли и воды: IP65. Материал головки: сплав АК12. Питание: 18-42 В. Тепловая инерция: 20 с.	ТСПУ Метран-276-06-Exia-500-0,25-Н10-(0...200)°С-4-20 мА	1		ПГ «Метран», Челябинск	
1-3	-/-		На стойке	Барьер искробезопасности входной, исполнение «ExiaIICT6». Входной сигнал 4-20 мА пост. тока; выходной сигнал 4-20 мА пост. тока, изолированный от входа. Питание 24В пост. тока. Обнаружение повреждения линии.	HiD2026	1		«Pepperl+Fuchs»	

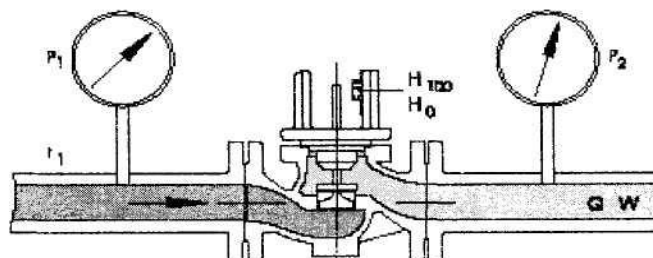
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1-4	Уровень в Е-423	2,1 м	По месту	Радарный уровнемер направленного микроволнового действия. Стержневое исполнение. Диапазон измерения: до 4 м. Напряжение питания 24В. Выходной сигнал 4 - 20 мА. Рабочая температура: -100...400 °С. Точность измерения ±3 мм. Температура окружающей среды: от -40 до +70 °С. Взрывозащита: ExiaIICT5X.	FX66.CX-C-FB-2-H-K-M-A	1		VEGA Grieshaber KG, Германия	
1-5	-//-		На стойке	Барьер искробезопасности входной, исполнение «ExiaIICT6». Входной сигнал 4-20 мА пост. тока; выходной сигнал 4-20 мА пост. тока, изолированный от входа. Питание 24В пост. тока. Обнаружение повреждения линии.	HiD2026	1		«Pepperl+Fuchs»	-//-
1-6	Расход питания в колонну Кт-420	102 т/ч	На трубопроводе	Диафрагма камерная. Условный диаметр $D_y=300$ мм; перепад давления $\Delta P=40$ кПа. Материал диска сталь 12X18H10T; материал камер сталь Ст-20.	ДК 25-300	1		ПГ «Метран», Челябинск	сущ.
1-7	-//-		По месту	Преобразователь разности давлений, взрывозащищенный ExiaIICT5X. Напряжение питания 12-42 В. Выходной сигнал 4-20 мА. Шкала 0 – 40 кПа. Степень защиты от воздействия пыли и воды: IP 65.	Метран-100-ДД-1422-02-МПЗ-t10-010-40 кПа-25-42√	1		ПГ «Метран», Челябинск	
1-8	-//-		На стойке	Барьер искробезопасности входной, исполнение «ExiaIICT6». Входной сигнал 4-20 мА пост. тока; выходной сигнал 4-20 мА пост. тока, изолированный от входа. Питание 24В пост. тока. Обнаружение повреждения линии.	HiD2026	1		«Pepperl+Fuchs»	
1-9	Давление верха колонны Кт-420	29 кПа	По месту	Датчик абсолютного давления. Пределы измерения: от 0 до 40 кПа. Выходной сигнал 4-20 мА. Погрешность измерения ±0,1 %. Температура окружающей среды: от -40 до +70 °С. Искробезопасность ExiaIICT5X.	Метран-100-ДА-1030-02-МПЗ-t10-025-40 кПа-42	1		ПГ «Метран», Челябинск	

- Группа предприятий «Метран». Россия, г. Челябинск, <http://www.metran.ru>
- АООТ «Теплоприбор». Россия, г. Рязань, <http://www.teplopribor.ryazan.ru>
- Завод электроники и механики. Россия, г. Чебоксары, <http://www.zeim.ru>
- Саранский приборостроительный завод. Россия, г. Саранск, <http://pribor.moris.ru>
- ПНФ «ЛГавтоматика». Россия, г. Москва, <http://www.klapan.ru>
- ЗАО «РУСТ-95». Россия, г. Москва, Санкт-Петербург, <http://www.roost.ru>
- Завод «ТИЗПРИБОР», Россия, г. Москва, <http://www.tizpribor.ru>
- ОАО Арзамасский приборостроительный завод. Россия, г. Арзамас <http://www.oaoarz.com>
- Фирма «YOKOGAWA». Япония, <http://www.yokogawa.ru>
- Фирма «VEGA». Техника измерения уровня и давления. Германия, <http://www.vega.com>; <http://www.vega-rus.ru>
- Фирма «EMERSON». США, Сент-Луис, Миссури, <http://www.EmersonProcess.ru>
- Фирма «SAMSON». Германия, Франкфурт на Майне, <http://www.samson.ru>
- ООО Фирма «ЮМО». Германия, www.jumo.de



		Л.И. 230102 002 07 ГЧ	
		Структурная схема	
		Дипломный проект	
		НХТИ зр.3202	





$$K_v = 0,316 * F * \sqrt{\frac{\rho}{\Delta P}},$$

F – максимальный расход жидкости, м³/ч;

где $\Delta P = (P_1 - P_2)$ – перепад давления на РО при максимальном расходе, МПа;

ρ – плотность измеряемой среды, г/см³.

Далее определяют условную пропускную способность РО в соответствии с условием:

$$K_{vy} \geq \eta * K_v,$$

где η – коэффициент запаса ($\eta = 1,2$).

Затем по значениям K_{vy} , приведенным в справочниках, выбирают типоразмер дроссельного РО. Если $Re > 2000$, расчет считают окончанным.

Пропускную способность K_v РО при протекании газа определяют с учетом режима его течения через РО при максимальном расходе. При докритическом режиме, когда $\Delta P < 0,52 * P_1$, величину K_v рассчитывают по равенству:

$$K_v = \frac{F_n * \sqrt{\frac{\rho_n * T_1 * k}{\Delta P * P_2}}}{5280},$$

а при критическом режиме, когда $\Delta P \geq 0,52 * P_1$ – по уравнению:

$$K_v = \frac{F_n * \sqrt{\rho_n * T_1 * k}}{2640 * P_1},$$

где F_n – максимальный расход газа при $P = 0,1$ МПа и $t = 0^0C$, м³/ч;

P_1 и P_2 – абсолютные давления газа до и после РО, МПа;

ΔP – перепад давления на РО при максимальном расходе, МПа;

ρ_n – плотность газа при $P = 0,1$ МПа и $t = 0^0C$, кг/м³;

T_1 – абсолютная температура газа перед регулирующим клапаном, К;

k – безразмерный коэффициент, учитывающий отклонение реального газа от закона идеального газа.

Спасибо за внимание!