



С.П.Санников
В.Е. Выборнов
В.М. Машков

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Екатеринбург
2013

Электронный архив УГЛТУ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет»

Кафедра автоматизации производственных процессов

С.П. Санников

В.Е. Выборнов

В.М. Машков

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Методические указания
к курсовому и дипломному проектированию
для студентов очной и заочной форм обучения
по специальностям 2603 и 3302

Екатеринбург
2013

Печатается по рекомендации методической комиссии ЛИФ.
Протокол № 1 от 3 октября 2012 г.

Рецензент – Тойбич В.Я., доцент канд. техн. наук

Редактор А.Л. Ленская
Оператор компьютерной верстки Т.В. Упова

Подписано в печать 30.10.2013		Поз. 13
Плоская печать	Формат 60×84 1/16	Тираж 10 экз.
Заказ № 169	Печ. л. 1,16	Цена

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

ВВЕДЕНИЕ

Для студентов очной и заочной форм обучения по специальностям 220700, 220400, 2603, 3302 при изучении курса «Автоматика и автоматизация производственных процессов» предусмотрено в учебном плане выполнение контрольной или курсовой работы по автоматизации технологических процессов. Кроме того, при дипломном проектировании одна из глав проекта (для специальностей 2603, 3302) также должна быть посвящена вопросу автоматизации проектируемого технологического процесса.

Эти работы предназначены для углубления, систематизации и закрепления студентами знаний по автоматизации производственных процессов, для изучения справочной литературы. Курсовая работа рассчитана на самостоятельную работу студентов по проектированию, разработке отдельных схем и узлов средств автоматизации технологического процесса. Работа является базой для выполнения дипломного проекта.

Цель дипломного проектирования – подготовка студента к будущей практической работе. Разработке в дипломном проекте раздела по вопросу автоматизации позволит систематизировать, закрепить и расширить теоретические знания, развить навыки по выбору систем автоматического управления технологическими процессами.

1. Задание на курсовую или контрольную работу

Студент должен провести автоматизацию технологического процесса одного из объектов предприятия, разработать функциональную схему технологического процесса и принципиальную схему регулирования одного из параметров технологического процесса, определить экономическую эффективность от внедрения средств автоматизации.

Объектом автоматизации в работе является технологический процесс, проектируемый по заданию выпускающей кафедры. Выбор приборов для разработки структурной и принципиальной схем регулирования электрических и физических параметров осуществляется по таблице.

Варианты схем регулирования технологического параметра

№ варианта	Параметр	Датчик	Вторичный прибор	Регулятор	Исполнительный механизм	Дополнительное устройство	Задачик	Литература
1	T	TСМ	КСМ2	БРЗ	ПРМ	–	ЗРЗ	1
2	P	МП4-VI	КСУ-2	БРЗ	ПРМ	–	ЗРЗ	1
3	F	РЭ	КСД-2	ПР1.5	25ч7п	ЭПП63	П1Р1	1
4	W	ДСТ1909	КСУ-2	БРЗ	ПРМ	–	ЗРЗ	1
5	L	ПРУ-5						
6	Q	ДМ5М РН261	КСУ-2	БРЗ	ПРМ	–	ЗРЗ	1
7	T	ТСП	КСМ-2	БРЗ	ПРМ	–	ЗРЗ	1
8	P	МП4-VI	КСУ-2	P21	МЭОБ	У21	ЗУ05	1
9	F	РЭ	КСД-2	БРЗ	ПРМ	–	ЗРЗ	1
10	W	ДСТ1909	КСУ-2	P21	МЭОБ	У21	ЗУ05	1
11	L	УБЭ	КСУ-2	БРЗ	ПРМ	–	ЗРЗ	1
12	Q	ДП-4М РН261	КСУ-2	P21	МЭОБ	У21	ЗУ05	1
13	T	ТХА	КСП-2	P21	МЭОБ	У21	ЗУ05	1
14	P	МММ	КСУ-2	БРЗ	ПРМ	–	ЗРЗ	1
15	F	ИР51	КСУ-2	P21	МЭОБ	У21	ЗУ05	1
16	W	ДСТ1909	КСУ-2	ПР1.5	КРШ	ЭПП63	П2П7	1
17	L	УБЭ	КСУ	P21	МЭОБ	У21	ЗУ05	1
18	T	ТПГ4-VI	КСУ-2	ПР2.5	25ч32п	ЭПП63	П2П7	1
19	P	МЭД	КСД-2	ПР3.21	25ч5п	ЭПП63	П1Р1	1
20	F	ИР51	КСУ-2	БРЗ	ПРМ	–	ЗРЗ	1
21	L	ЭИУ2	КСУ-2	ПР3.21	25ч5п	ЭПП63	П2П1	1
22	T	ТХК	КСП-2	БРЗ	ПРМ	–	ЗРЗ	1
23	P	ДМ-Э	КСД-2	P21	МЭОБ	У21	ЗУ05	1
24	F	ИР51	КСУ-2	ПР2.5	КРШ	ЭПП63	П2П7	1
25	L	ЭИУ2	КСУ-2	P21	МЭОБ	У21	ЗУ05	1
26	T	ТСП	КСП-2	ПР1.6	КРПТ	ЭПП63	П2П7	1
27	P	САПФИР22	КСУ-2	P21	МЭОБ	У21	ЗУ05	1
28	F	РЭ	КСД-2	БРЗ	ПРМ	–	ЗРЗ	1
29	T	ТПР-0555	КСП-2	P21	МЭОБ	У21	ЗУ05	1
30	P	МЭД	КСД-2	ПР1.5	КРШ	ЭПП63	П2П2	1
31	T	ТХК	КСП-2	ПР1.5	КРШ	ЭПП63	П2П1	1
32	T	ТСП	КВМ-2	P21	МЭОБ	У21	ЗУ05	1

Примечание. Все используемые приборы выбираются из справочного пособия (Автоматические приборы, регуляторы и вычислительные системы [1]).

Студент должен:

- разработать функциональную схему автоматизации технологического процесса с указанием номинальных значений контролируемых и регулируемых параметров (пример выполнения функциональной схемы приведен в приложении 1);
- произвести выбор контрольно-измерительной и регулирующей аппаратуры (отборные устройства, первичные измерительные преобразователи, исполнительные механизмы и регулирующие органы);
- составить спецификацию на выбранные контрольно-измерительные и регулирующие приборы (пример заполнения спецификации приведен в приложении 2).

При разработке принципиальной схемы регулирования одного из параметров технологического процесса необходимо:

- согласно номеру варианта из таблицы выбрать регулируемый технологический параметр;
- по технологической схеме определить номинальное значение регулируемого параметра;
- произвести выбор контрольно-измерительной и регулирующей аппаратуры, работающей на том виде энергии электрической или механической, который предлагается согласно варианту;
- составить структурную схему системы регулирования и дать ее описание;
- по технической литературе найти принципиальные электрические схемы узлов и приборов, входящих в систему регулирования отдельного параметра, и составить полную принципиальную схему системы регулирования с указанием взаимной связи между приборами и узлами;
- дать описание принципиальной схемы;
- провести расчет экономической эффективности от внедрения проектируемой системы автоматического регулирования параметра объекта.

Примечание. При выполнении студентами научной работы по теме выпускающей кафедры работа по автоматизации производственных процессов может выполняться по автоматизации научных исследований. Курсовая работа в этом случае выполняется по индивидуальному заданию.

2. Состав работы

Работа состоит из расчетно-пояснительной записки объемом 18–20 страниц рукописного текста и графической части.

Расчетно-пояснительная записка должна включать следующие разделы:

- аннотация;
- введение;

- описание функциональной схемы автоматизации технологического процесса;
- описание структурной схемы системы регулирования отдельного технологического параметра;
- описание принципа действия приборов, входящих в систему регулирования технологического параметра объекта;
- технико-экономическое обоснование внедрения системы регулирования параметра объекта.

Графическая часть должна включать следующие чертежи:

- функциональная схема автоматизации технологического процесса (выполненная на листе формата А1 ÷ А3. Формат листа должен быть удобным для чтения функциональной схемы, например, такой же, как и для технологической схемы);
- структурная схема регулирования параметра технологического объекта (выполненная на листе формата А4 в РПЗ);
- принципиальная (полная) схема системы регулирования параметра технологического объекта (выполненная на листе формата А1).

Содержание разделов курсовой работы

Аннотация.

В аннотации приводятся:

- наименование темы работы;
- вариант работы;
- исходные данные проектирования;
- количество страниц пояснительной записки, рисунков, таблиц, графиков, количество и наименование чертежей графической части.

Объем аннотации должен быть не более одной страницы. Помещается аннотация непосредственно после титульного листа.

Примерный текст аннотации

Тема работы: «Проект автоматизации непрерывной варки сульфатной целлюлозы».

Исходные данные проектирования:

- параметр регулирования – температура;
- объект регулирования – теплообменник рециркулирующей варочной жидкости (щелока);
- номинальная температура – (170- 176) °С.

Приборы, используемые в проекте:

- датчик электрический типа ТСП-5071Б;
- вторичный прибор: электрический типа КСМ-1.000;
- нормирующий преобразователь: электропневматический типа ЭПП-63;
- задатчик: пневматический типа П23Д4;
- регулятор: пневматический типа ПР-2.5;
- исполнительный механизм: пневматический типа КРПТ.

В результате внедрения системы регулирования температуры в котельной возможно улучшить условия труда обслуживающего персонала и повысить качество варки сульфатной целлюлозы.

Экономический эффект от внедрения данной системы составит 145000 рублей в год. Срок окупаемости 0,8 года.

Введение

В введении необходимо отразить основные тенденции развития технологических процессов и методов их автоматизации, влияние разрабатываемых в курсовой работе мероприятий по автоматизации технологического процесса на повышение производительности труда, улучшение качества продукции, улучшение условий труда и др., а также возможные варианты внедрения системы регулирования отдельного параметра.

1. Описание функциональной схемы автоматизации технологического процесса.

В данном разделе приводят описание технологического процесса, автоматизацию которого необходимо произвести, с описанием технологических параметров:

- измеряемой величины;
- расположения приборов на аппаратах или трубопроводах.

Технологическая схема должна быть представлена на листах форматов А1, А2 или А3.

Порядок выполнения курсовой работы:

- определяют технологические параметры, которые подлежат автоматизации;
- составляют спецификацию на выбранные контрольно-измерительные приборы и регулируемую аппаратуру по справочной литературе.

При описании технологического процесса необходимо давать оценку параметров, обеспечивающих работу соответствующего технологического оборудования (аппаратов) на оптимальных режимах. Сделать пояснения о том, как (где) и каким образом определена технологическая величина. Описание проводится на основании выбранных средств автоматизации технологического процесса.

Выбор и обоснование контрольно-измерительных приборов и регулирующей аппаратуры для автоматизации технологического процесса проводят с начальной стадии технологического процесса в следующей последовательности:

- определяют объект технологического процесса для автоматизации;
- в зависимости от категории пожароопасности и взрывоопасности технологического процесса или его отдельного объекта определяют основной вид энергии (электрической или пневматической), потребляемой приборами, и их исполнение для обеспечения безопасного протекания технологического процесса при его автоматизации. (При разработке системы регулирования по индивидуальному заданию вид энергии определяется по согласованию с преподавателем.);
- составляют и описывают функциональную схему автоматизации объекта и технологического процесса в целом;
- по справочной литературе (основной список справочной литературы приведен в разделе «Библиографический список»), а также по другим источникам выбирают датчики, вторичные приборы, регулирующую аппаратуру, дополнительные устройства, ссылка на которые дана в справочнике, и пусковую аппаратуру, необходимую для обеспечения работы регуляторов в схеме автоматизации технологического процесса;
- составляют спецификацию на выбранные датчики, вторичные приборы и пускорегулирующую аппаратуру (пример заполнения спецификации приведен в приложении 2).
- описывают функциональную схему автоматизации технологического процесса с приведением в конце его спецификации на выбранную аппаратуру и приборы. Пример составления описания изложен в [2, с.165–171].

2. Структурная схема системы регулирования и ее описание.

В данном разделе составляют структурную схему системы регулирования отдельного параметра (на листе формата А4) по индивидуальному заданию (пример построения структурной схемы дан в приложении 3) и дают ее описание.

Пример описания структурной схемы

Система регулирования и контроля температуры варочной жидкости включает в себя следующие приборы и аппаратуру:

- датчик температуры – термометр сопротивления ТСП-5071В;
- вторичный прибор – электронный мост типа КСМ-2;
- регулятор электронного типа БРЗ;
- исполнительный механизм типа ПРМ.

Принцип работы заключается в следующем. При изменении температуры Δt° варочной жидкости происходит изменение сопротивления термометра ΔR , включенного в измерительную схему моста. Данное обстоятельство приводит к нарушению равновесия моста, и на входе усилителя электронного моста появляется сигнал, пропорциональный температуре варочной жидкости. Значение данной температуры регистрируется на бумажной ленте. Для контроля и установки номинального значения температуры варочной жидкости ($190 \pm 5^\circ\text{C}$), а также возможности связи с регулятором в электронный мост вмонтирован токовый преобразователь (сигнал ΔI).

При отклонении температуры от номинального значения изменяется значение тока, и на входе регулятора появится сигнал ΔI . Данный сигнал в регуляторе сравнивается с заданными ранее значениями в виде сопротивления ΔI датчика. При отклонении температуры от заданного значения в схеме регулятора появится разбаланс, и на его выходе появится напряжение U . Данное напряжение подается на исполнительный механизм через реверсивный магнитный пускатель ПРТ. Работа двигателя исполнительного механизма приводит во вращение привод клапана. Вентиль в зависимости от команды, поданной с регулятора, открывается или закрывается. Изменение положения вентиля позволяет увеличить или уменьшить подачу пара в теплообменник и как следствие изменить температуру варочной жидкости.

Система регулирования поддерживает температуру варочной жидкости $190 \pm 5^\circ\text{C}$. В системе в качестве указателя положения регулирующего органа, приводимого в действие исполнительным механизмом МЭК-10К/120, используется дистанционный указатель положения ДУП-К. При соответствии температуры жидкости номинальному значению сигнал на входе регулятора отсутствует. Система находится в равновесии. Вентиль находится в положении, обеспечивающем определенный расход пара в теплообменнике. При отклонении температуры варочной жидкости от заданного значения цикл работы системы регулирования повторяется.

3. Описание принципа действия приборов системы регулирования параметра.

В данном разделе приводится техническая характеристика элементов и приборов, входящих в систему регулирования технологического параметра, а также дается описание принципа работы данных элементов и приборов. Технические характеристики приведены в справочниках [1, 3, 4], принцип действия элементов и приборов системы изложен в источниках, где приведены их конструкции и принципиальные электрические схемы [1, 3, 4–9].

4. Техничко-экономическое обоснование внедрения системы регулирования.

Автоматизация обычно внедряется для повышения экономической эффективности производства. Решение о целесообразности автоматизации принимается на основании результатов предварительного анализа системы управления. В данной курсовой работе целесообразность автоматизации определяется на основании экономических показателей. Расчет эффективности автоматизации рекомендуется проводить по методике [10]. Возможно проведение расчетов по методике, приведенной в настоящем разделе.

Расчет технико-экономической эффективности внедрения средств автоматизации

Годовой экономический эффект от применения автоматических систем, обеспечивающих экономию производственных ресурсов при выпуске одной и той же продукции, а также от производства и использования предметов и средств труда рассчитывается по формуле

$$\mathcal{E} = (C_1 - C_2)A_2 - E_n K_d,$$

где C_1 – себестоимость единицы продукции по предприятию;

C_2 – себестоимость единицы продукции после внедрения САР, принять 0,98 или 0,99 C_1 ;

A_2 – выпуск продукции после внедрения САР, единиц в год;

E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений (принять равным 0,15);

K_d – затраты на научно-исследовательские работы (НИР) института, на разработку САР ($Z_{\text{НИР}}$) и дополнительные вложения (д.в) на внедрение мероприятия $Z_{\text{дв}}$ ($Z_{\text{дв}} = 0,6 + 0,82 \cdot Z_{\text{НИР}}$).

При расчетах в курсовой работе $Z_{\text{НИР}}$ принимать в зависимости от регулируемого параметра, а именно:

для САР температуры – 300 тыс. р;

для САР давления – 350 тыс. р;

для рН среды и уровня – 250 тыс. р;

для САР расхода и влажности – 450 тыс. р;

для САР концентрации – 500 тыс. р;

Если в результате внедрения САР изменяются сортность, качество и ассортимент продукции, в связи с чем изменяются цена единицы продукции или сумма всех цен реализованной продукции, годовой экономический эффект определяется по формуле

$$\mathcal{E} = (P_1 - P_2)A_2 - E_n K_d,$$

где P_1 и P_2 – оптовые цены единицы продукции до внедрения САР или цены первого и второго сортов продукции.

Срок окупаемости дополнительных капитальных затрат на средства автоматизации определяется по формуле

$$T_0 = K_d / \Delta, \text{ год.}$$

Примечание. При выполнении дипломной работы научно-исследовательского характера в главе по автоматизации технологического процесса приводятся характеристики приборов, которые применялись при исследовании, и возможные пути автоматизации исследования. По согласованию с консультантом проводится разработка системы регулирования исследуемого параметра.

Указания к дипломному проектированию

В дипломном проекте (работе), выполняемом на выпускающей кафедре, предусмотрена глава по автоматизации процесса. Данная глава включает в себя следующие разделы: введение, описание функциональной схемы автоматизации технологического процесса, структурную схему системы регулирования и ее описание, описание принципа действия приборов, входящих в систему регулирования параметра объекта.

Графическая часть включает чертежи, выполненные на листах формата А1:

- функциональную схему автоматизации технологического процесса, выполненную непосредственно на технологической схеме;
- принципиальную (полную) схему системы регулирования параметра объекта.

Методика выполнения разделов главы «Автоматизация производственных процессов» и графической части аналогична методике выполнения курсовой работы.

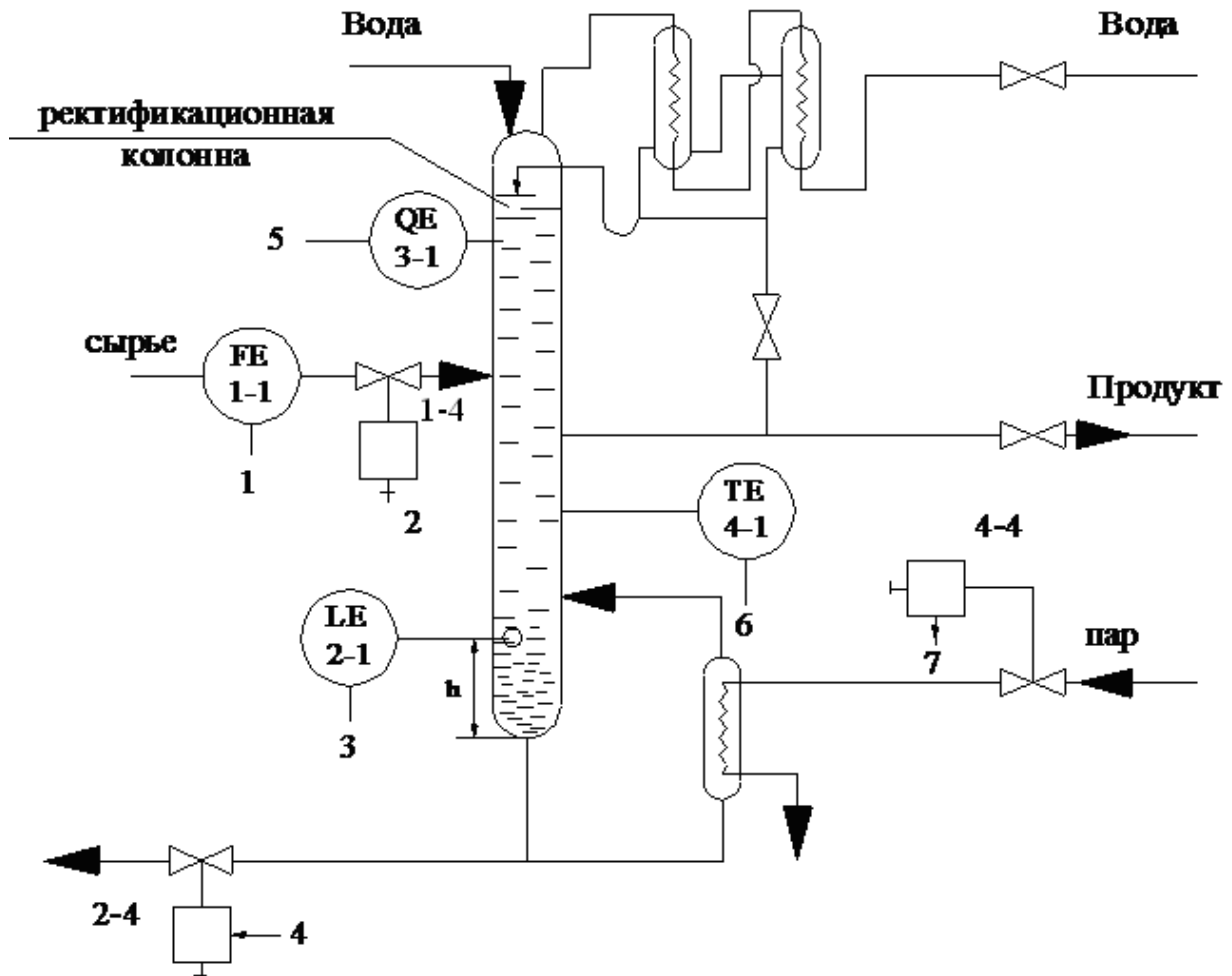
При разработке схемы автоматизации технологического процесса за основу можно выбрать схему автоматизации, которая существует на предприятии, для условий которого проводится разработка дипломного проекта. Однако следует помнить, что спецификация должна соответствовать требованиям, предъявляемым к курсовой работе.

Основанием для разработки принципиальной схемы регулирования отдельного технологического параметра может служить заявка предприятия о необходимости регулирования данного параметра, обеспечивающего наиболее оптимальное протекание технологического процесса. Выбранный параметр должен быть согласован с консультантом по дипломному проектированию по данной главе дипломного проекта.

Вопросы автоматизации технологического процесса в целом и отдельного параметра объекта должны найти отражение в экономической части дипломного проекта путем учета стоимости приборов, их монтажа, наладки и эксплуатации.

Библиографический список

1. Автоматические приборы, регуляторы и вычислительные системы. Справочное пособие / Под ред. Б.Д. Кошарского. – Л.: Машиностроение, 1976.
2. Справочник по автоматизации целлюлозно-бумажных предприятий / Под ред. Э.В. Цешковского. – М.: Лесн. пром-ть, 1959.
3. Промышленные приборы и средства автоматизации: Справочник / В.Я. Баранов, Т.Х. Безновская, В.А. Бек и др.; под общей редакцией В.В. Черепкова. – Л.: Машиностроение, 1987.
4. Справочник по автоматизации целлюлозно-бумажных предприятий / Под ред. Цешковского Э.В. – М.: Лесн. пром-ть, 1979.
5. Кулаков М.В.. Технологические измерения и приборы для химических производств. – М.: Химия, 1983.
6. Кондрашкова Г.А. Технологические измерения и приборы целлюлозно-бумажной промышленности. – М.: Лесн. пром-ть, 1980.
7. Бабин А.И., Еремян А.С. Схемы средств автоматизации технологических процессов. – Свердловск: УЛТИ, 1990.
8. Бабин А.И., Еремян А.С. Описание принципа действия контрольных измерительных приборов. – Свердловск: УЛТИ, 1991.
9. Бабин А.И., Еремян А.С. Схемы контрольно-измерительных и регулирующих приборов. – Екатеринбург: УГЛТА, 1993.
10. Методика определения экономической эффективности новой техники, технологии, изобретений и рационализаторских предложений, созданных и используемых в целлюлозно-бумажной промышленности. – М.: Лесн. пром-ть, 1978.



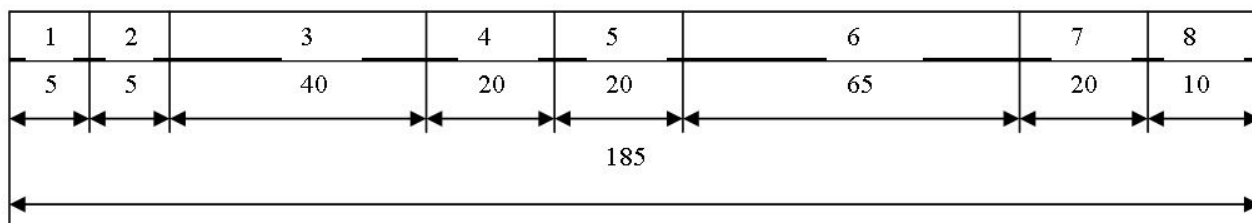
	1	2	3	4	5	6	7
Приборы по месту	FT 1-2				QT 3-2	TT 4-2	
Щит колонны	FKRIC 1-3	LIR 2-2	LC 2-3		QRA 3-3	TIRC 4-3	

Пример выполнения функциональной схемы автоматизации ректификационной колонны

Пример выполнения спецификации автоматизации технологического процесса

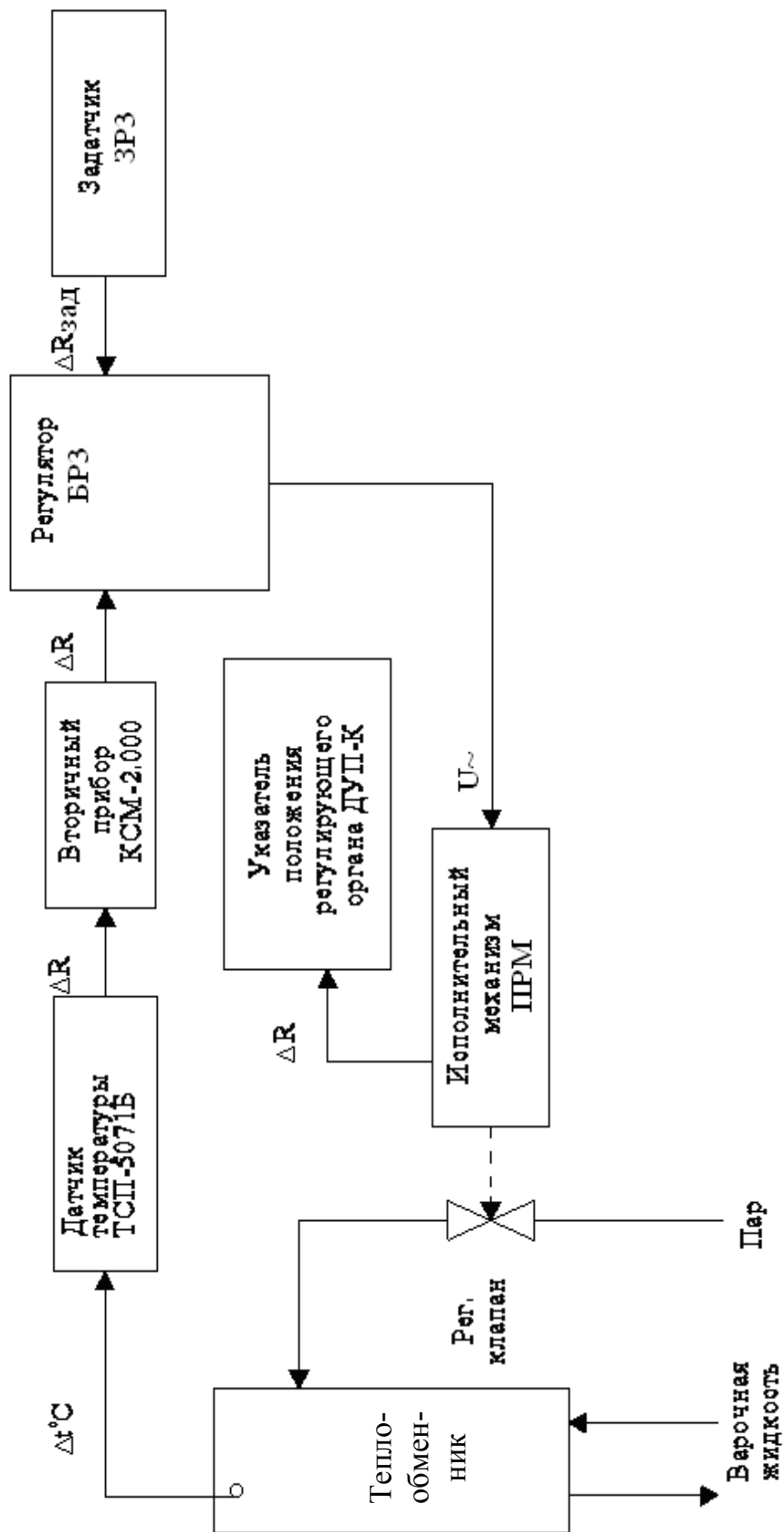
№ п/п	Позиция.	Наименование параметра измеряющей или контролируемой среды	Предельное значение параметра	Место отбора импульса	Наименование и характеристика средств автоматизации	Тип прибора	Литература
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1-1	Регулирование расхода пара	13,5 т/ч	Паропровод колонны	Диафрагма камерная, условное давление 16 кгс/см ² с условным проходом. 0 = 100 мм	ДК16-100	21
					Дифманометр сильфонный с изм. разностью давления 100 кПа, пневм. выход 0,2–1 кгс/см ²	ДС-П4-1	13
					Пневматический прибор, показыв., регистрирующий, с пневматическим датчиком 0,2–1 кгс/см ²	ППВ 1.5	15
					ПИ-регулятор с пневматическим выходом и пределом регулирования 10–300	ПР3.2	21
					Регулирующий клапан с пневмоприводом 160кгс/см ² , 300 °С, 200 мм	25ч30 нж/нз/	21

Размеры колонок спецификации



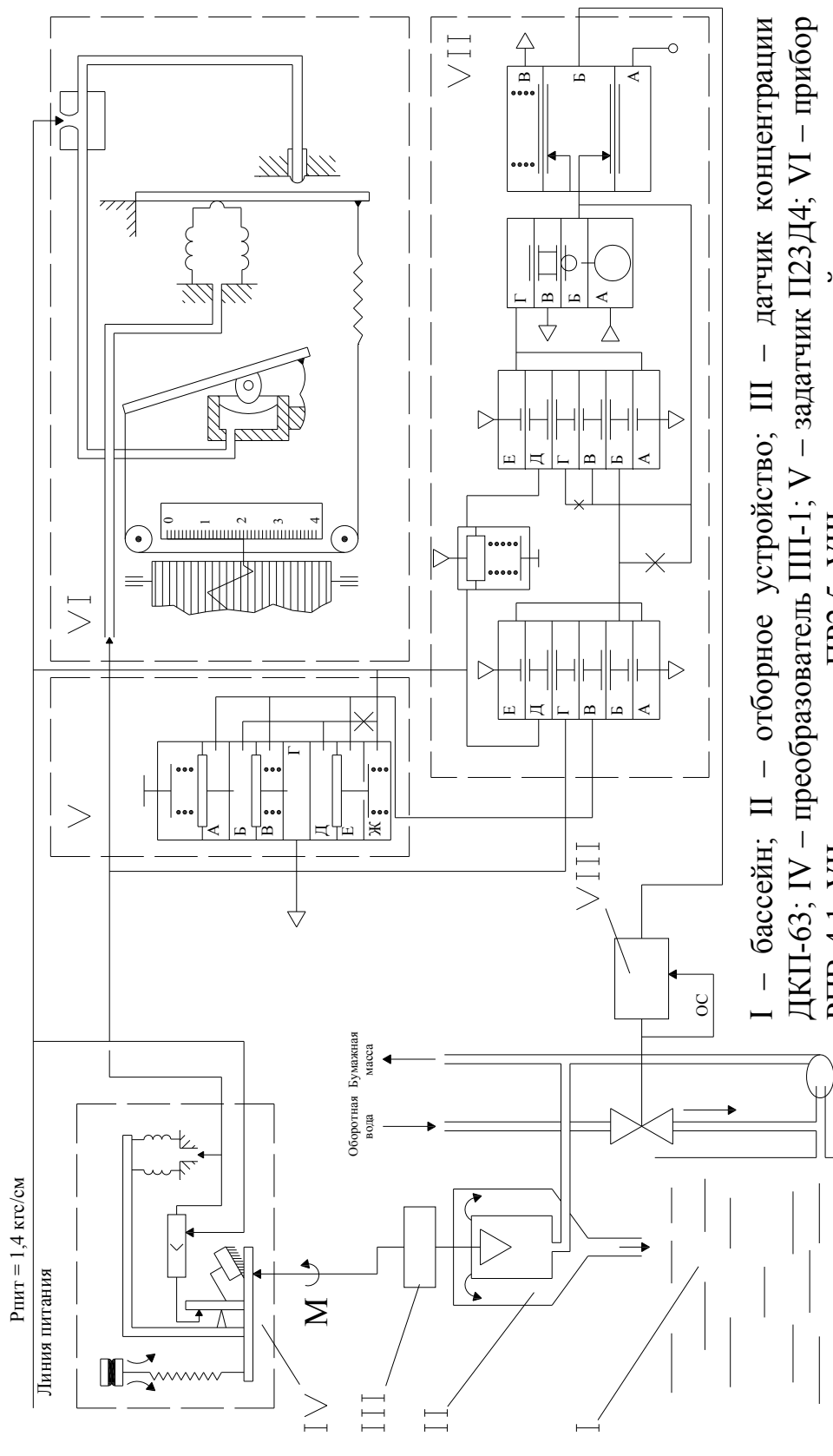
Приложение 3

Пример выполнения схемы регулирования температуры варочной жидкости



Приложение 4

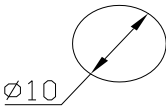
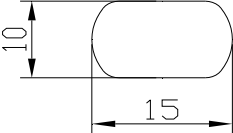
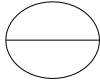
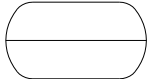
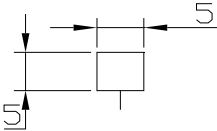
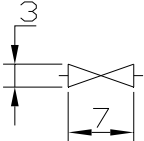
Пример выполнения принципиальной схемы регулирования концентрации бумажной массы



I – бассейн; II – отборное устройство; III – датчик концентрации ДКП-63; IV – преобразователь ПП-1; V – задатчик П23Д4; VI – прибор РПВ-4.1; VII – регулятор РР2.5; VIII – регулирующий клапан

Размеры графических условных обозначений приборов
и средств автоматизации

ГОСТ 21.404-85

НАИМЕНОВАНИЕ	ОБОЗНАЧЕНИЕ
<p>Первичный измерительный преобразователь (датчик); прибор, устанавливаемый по месту; на технологическом трубопроводе, аппарате, стене, полу, колонне и т.д. :</p>	
<p>Базовое обозначение</p>	
<p>Допустимое обозначение</p>	
<p>Прибор, устанавливаемый на щите, пульте управления</p>	
<p>Базовое обозначение</p>	
<p>Допустимое обозначение</p>	
<p>Исполнительный механизм, общее обозначение</p>	
<p>Регулирующий орган</p>	

Приложение 6

Буквенное обозначение в схемах автоматизации по ГОСТ 21.404-85

Измеряемая величина (технологический параметр)	Дополнительное обозначение измеряемой величины	Функциональные признаки приборов	Вид и род сигналов	ГОСТ 21.404-85 Вычислительные операции
<p>D – плотность F – расход G – перемещение, положение, размер L – уровень M – влажность P – давление, разряжение Q – состав, концентрация R – радиоактивность S – скорость, частота T – температура V – вязкость W – масса K – время X – резервная буква</p>	<p>D – разность, перепад F – соотношение, доля, дробь Q – интегрирование, суммирование во времени</p>	<p>A – сигнализация C – регулирование, управление E – первичное преобразование H – ручное воздействие I – показание, индикация R – регистрация S – контактный выход прибора T – промежуточное преобразование (дистанционная передача сигнала) Y – вычислительная функция X – резервная буква</p>	<p>A – аналоговый D – дискретный E – электрический G – гидравлический P – пневматический</p>	<p>Σ – суммирование K – умножение на постоянный коэффициент ‘n’ x – перемещение : – деление dx/dt – дифференцирование \int – интегрирование X(-1) – изменение знака сигнала max(min) – ограничение верхнего и (или) нижнего уровней сигнала Bi – передача сигнала на ЭВИ Bo – ввод информации с ЭВМ</p>

Пример построения буквенного обозначения функциональных признаков прибора

