

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»**

---

**ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ**

**Е.П. Дятлова**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ  
ПРОЦЕССАМИ**

**Учебное пособие**

**Санкт-Петербург  
2019**

УДК 676:681.3(075)  
ББК 35.77я7  
Д 998

Дятлова Е.П. Проектирование автоматизированных систем управления технологическими процессами: учебно-методическое пособие/ ВШТЭ СПбГУПТД. СПб., 2019. – 68 с.

В учебном пособии изложены основные правила, условные обозначения и общие принципы, применяемые отечественными проектными и зарубежными фирмами при разработке проектной документации для систем управления технологическими процессами.

Предназначено для студентов, обучающихся по специальностям 27.03.04, 18.03.01, 18.03.02, 29.03.03, 15.04.04 всех форм обучения.

Рецензенты:

профессор Санкт Петербургского технологического института (Технического университета), д-р техн. наук Л.А.Русинов;  
зав.каф. АЭиЭ Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД, канд. техн. наук Е.В.Хардинов.

Подготовлено и рекомендовано к печати кафедрой информационно-измерительных технологий и систем управления ВШТЭ СПбГУПТД (протокол № 8 от 23.05.2019 г.).

Утверждено к изданию методической комиссией института энергетики и автоматизации ВШТЭ СПбГУПТД (протокол № 9 от 05.06.2019 г.).

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом университета в качестве учебного пособия.

© Дятлова Е.П. 2019

© Высшая школа технологии  
и энергетики СПбГУПТД, 2019

Редактор и корректор Т.А.Смирнова  
Техн. редактор Л.Я.Титова

Темплан 2019 г., поз. 47

---

Подп. к печати 21.05.2019 г. Формат 60x84/16. Бумага тип. № 1.  
Печать офсетная. Печ. л. 4,25; уч.-изд. л. 4,25. Тираж 100 экз. Изд.№. 47.  
Цена «С». Заказ

---

Ризограф Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД, 198095, СПб., ул. Ивана Черных, 4.

## Введение

За последние годы существенно изменились состав и структура технических средств, применяемых в автоматизированных системах управления технологическими процессами.

Прогресс в области микропроцессорной техники и сетевых технологий сделал возможным создавать современные **распределенные АСУ ТП** на основе локальных вычислительных сетей и нового поколения **микропроцессорных контроллеров** с широким спектром функциональных возможностей, определяющих следующие характерные черты **технического обеспечения АСУ ТП**:

сохранение результатов измерения технологических параметров за любой период времени и вывод информации в виде трендов или в ином удобном для оператора виде на экраны мониторов операторских станций все больше вытесняют самопишущие регистрирующие приборы;

мнемосхемы технологического процесса любой степени детализации с указанием текущих значений технологических параметров и сигнализацией состояния оборудования выводятся на экраны операторских станций;

в связи с этим исчезла необходимость разработки и применения громоздких щитов с мнемосхемами, сигнализацией работы оборудования и самописцами;

локальные аналоговые регуляторы практически полностью вытеснены микропроцессорными управляющими контроллерами, которые могут быть установлены как по месту, так и дистанционно в специальных помещениях;

вследствие высокой надежности контроллеров дистанционное управление производственным процессом в ручном режиме осуществляется через те же модули вывода управляющих сигналов контролле-

ра, что и при автоматическом режиме, а это способствует экономии кабелей на прокладку линий связи.

Особенности современных АСУ ТП отражены в **национальных стандартах** стран - членов ISO (International Organization for Standardization). Национальные стандарты базируются на соответствующих стандартах ISO и должны обновляться каждые пять лет.

**ISO - специализированная международная организация по стандартизации.** Ее членами являются представители национальных органов по стандартизации из 162 стран (в том числе и России). ISO включает 185 технических комитетов и 636 подкомитетов в 35 странах. В сферу технической деятельности ISO входят все области стандартизации за исключением электротехники и электроники, которые относятся к сфере деятельности Международной электротехнической комиссии (МЭК).

Правила оформления проектной документации на автоматизированные системы управления, а именно: **отображение функций контроля и управления и технических средств**, реализующих эти функции, **нанесение обозначений на схемы** соединения приборов отражены в стандартах ISO 3511 [1 - 4].

Новый отечественный стандарт на правила оформления проектной документации **ГОСТ 21.208-2013** [5] в 2013 году заменил **ГОСТ 21.404-85** [6], отражавший лишь первую часть соответствующего стандарта ISO [1] и как и руководящие материалы по проектированию АСУ [7], не учитывающий всех особенностей современных автоматизированных систем управления.

Поскольку большое количество проектной документации выполнено по **ГОСТ 21.404-85**, который использовался до 2013, а в некоторых организациях продолжает использоваться, то в учебном пособии в приложении приведен и этот стандарт.

Помимо отечественных стандартов в настоящем пособии рассматривается и **национальный стандарт США S5.1** [8], разработанный Комитетом по стандартизации ISA.

Целью настоящего учебного пособия является изложение основных правил и условных обозначений, применяемых отечественными проектными и зарубежными фирмами при разработке проектной документации - функциональных схем автоматизации, заказных спецификаций на технические средства, схем внешних соединений в системах контроля и управления и др.

Поскольку современное проектирование систем управления осуществляется с использованием программ автоматизированного проектирования и черчения, то в пособии отражены общие правила оформления схем.

**Учебное пособие предназначено для использования студентами специальностей 27.03.04, 18.03.01, 29.03.03 обучающимися по программам подготовки бакалавров и специальности 15.04.04, обучающихся по программам подготовки магистров очной, очно-заочной и заочной форм обучения на практических и лабораторных занятиях, при выполнении курсовых работ и проектов, выпускных квалификационных работ.**

## **1. Функциональные схемы автоматизации (ФСА) технологических процессов**

### **1.1. Назначение функциональных схем автоматизации**

Функциональные схемы автоматизации являются одним из основных проектных документов, отражающих функции контроля и управления технологическим процессом и работой оборудования.

**Функциональные схемы представляют собой чертежи, на которых при помощи условных обозначений изображают основное технологическое оборудование, коммуникации, исполнительные устройства, функции и технические средства контроля и управления.** На основании функциональных схем выполняются остальные чертежи проекта и составляются **заявочные ведомости и заказные спецификации приборов и средств автоматизации.**

Для однотипных технологических объектов (цехов, участков, отделов, агрегатов), не связанных между собой и имеющих одинаковое оснащение приборами и средствами автоматизации, функциональную схему автоматизации допускается выполнять лишь для одного из них. На схеме в верхнем правом углу даются пояснения.

Например: “Схема разработана для агрегата 1, для агрегатов 2 - 5 схемы аналогичны”.

### **1.2. Изображение технологического оборудования и коммуникаций на технологических схемах**

Графическое построение технологической схемы должно давать наглядное представление о последовательности технологического процесса. **Технологическую схему вычерчивают с упрощенным изображением оборудования, масштаб при этом не соблюдается.** Конфигурация оборудования должна соответствовать действительной или принятым условным обозначениям.

Оборудование и коммуникации изображаются тонкими линиями, технологические потоки выделяются более жирными линиями. Допускается изображать элементы объекта в виде прямоугольников, которые должны быть снабжены соответствующими наименованиями. **На технологической схеме представляют только то оборудование и те коммуникации, для которых разрабатывается функциональная схема автоматизации.** На трубопроводах обычно показывают ту регулируемую и запорную арматуру, которая непосредственно используется в контроле и управлении процессом.

Соединения технологических трубопроводов обозначаются точкой в узле условных линий. Технологический трубопровод — трубопровод, предназначенный для транспортирования различных веществ, необходимых для ведения технологического процесса или эксплуатации оборудования.

**Направление движения потоков указывается стрелками: жидкость —→ , пар (газ) —→ .** Стрелки рисуются в начале и в конце коммуникаций и всегда на входе потока в оборудование. На линиях обрыва также ставятся указывающие стрелки и даются необходимые пояснения, к какому аппарату направляется данный поток [9]. **Для трубопроводов, на которых предусматривается установка отборных устройств и регулирующих органов, рекомендуется указывать диаметры условных проходов.**

### **1.3. Разработка функциональных схем автоматизации по ГОСТ 21.208-2013**

Функции контроля и управления на функциональные схемы автоматизации наносят в соответствии с ГОСТ 21.208-2013 [5] и отраслевыми нормативными документами.

ГОСТом 21.208-2013 предусматривается система построения ус-

ловных графических и буквенных обозначений в зависимости от функций, выполняемых техническими средствами. **В стандарте предусмотрено два метода построения условных обозначений: упрощенный и развернутый.**

**При упрощенном методе построения на схеме отражают только основные функции контроля и управления, как правило, с помощью одного условного графического обозначения (окружности или прямоугольника), которое располагают на поле чертежа вблизи места измерения технологического параметра или нанесения управляющего воздействия, а техническую структуру системы раскрывают в принципиальных схемах или другой технической документации.**

**При развернутом методе построения условных обозначений каждое средство автоматизации на функциональной схеме показывают отдельно с указанием места реализации функций.**

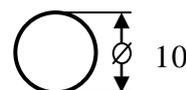
В последние годы в практике проектных организаций преимущественно используется упрощенный способ построения функциональных схем, поэтому в настоящей работе примеры развернутого способа не приводятся.

Основные условные графические обозначения технических средств на функциональных схемах по новому ГОСТу представлены ниже.

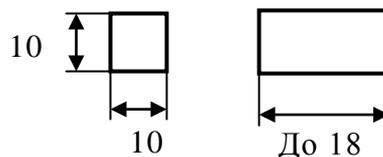
Изображения условных графических обозначений средств автоматизации по ГОСТ 21-208-2013.

1. Прибор, аппарат, устанавливаемый вне щита (по месту):

основное обозначение

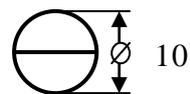


допускаемое обозначение

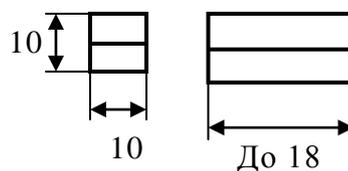


2. Прибор, аппарат, устанавливаемый на щите, пульте:

основное обозначение

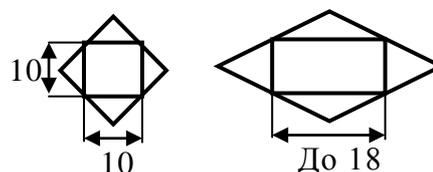


допускаемое обозначение

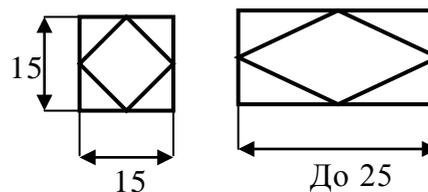


3. Прибор (устройство, входящее в контур противоаварийной автоматической защиты (ПАЗ), устанавливаемый вне щита (по месту):

основное обозначение

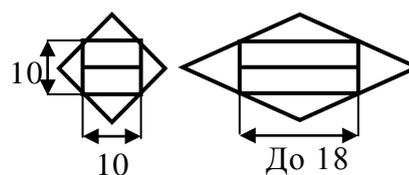


допускаемое обозначение

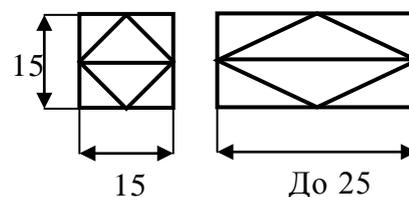


4. Прибор (устройство, входящее в контур) ПАЗ, устанавливаемый на щите, пульте:

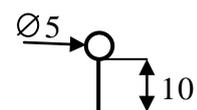
основное обозначение



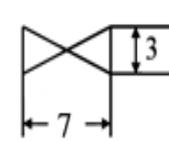
допускаемое обозначение



5. Исполнительный механизм (общее обозначение)



6. Регулирующий орган



В табл. 1 приведены буквенные условные обозначения функций автоматизации согласно ГОСТ 21.208-2013.

На рис.1 приведен пример, иллюстрирующий порядок нанесения обозначений функций контроля и управления на схемах.

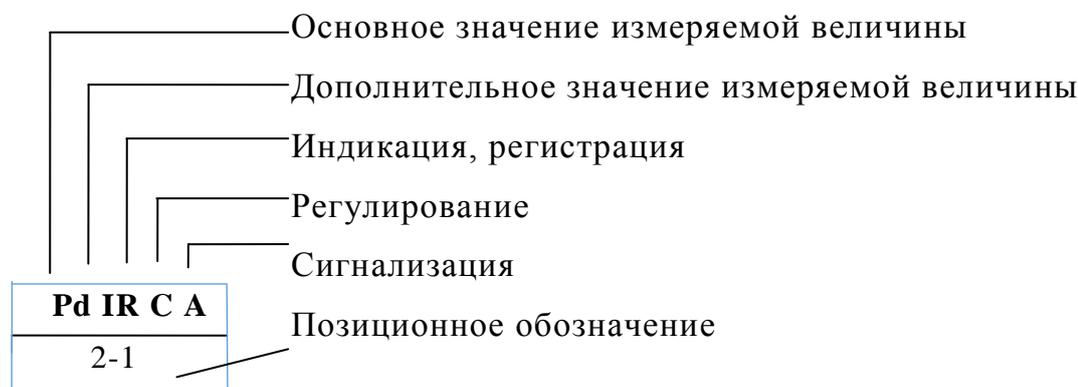


Рис.1. Принцип построения условного буквенного обозначения функций автоматизации

**В верхней части окружности или прямоугольника размещаются буквенное обозначение измеряемого технологического параметра и связанных с ним функций контроля и управления. В нижней части графического обозначения указывается номер системы управления или контроля и через тире номер позиции функции автоматизации в системе.**

**Номер системы и номера позиций функций сохраняются в заказной спецификации и во всех схемах, разрабатываемых в процессе проектирования. Номера позиций на функциональной схеме рекомендуется проставлять в порядке возрастания слева направо и сверху вниз.**

**Подвод линий связи к условному обозначению функций автоматизации изображают в любой точке графического обозначения (сверху, снизу, сбоку). При необходимости указания направления передачи сигнала на линиях связи наносят стрелки.**

В случаях, когда в системах каскадного или связанного регулирования какой-либо прибор или регулятор связан с несколькими датчиками или получает дополнительные сигналы воздействия по другим параметрам, все элементы схемы, осуществляющие дополнительные функции, относятся к той функциональной группе, на которую они оказывают воздействие. Позиционные обозначения этим элементам должны присваиваться в зависимости от того, к какой функциональной группе они относятся.

Пояснения функциональных признаков приборов, указанные в табл.1 в круглых скобках и правила построения условных обозначений приведены ниже.

Таблица 1

Буквенные обозначения измеряемых величин  
и функциональных признаков приборов

Обозначение	Измеряемая величина		Функциональный признак прибора		
	основное обозначение измеряемой величины	дополнительное обозначение, уточняющее измеряемую величину	отображение информации	формирование выходного сигнала	дополнительное значение
1	2	3	4	5	6
А	Анализ. Величина, характеризующая качество: состав, концентрация, детектор дыма и т.п. (5.13)	—	Сигнализация	—	—

Продолжение табл.1

1	2	3	4	5	6
В	Пламя, горение	–	–	–	–
С	+	–	–	Автоматическое регулирование, управление	–
Д	+	Разность, перепад	–	–	Величина отклонения от заданной измеряемой величины (5.11.8)
Е	Напряжение	–	–	Чувствительный элемент (5.11.3)	–
Ф	Расход	Соотношение, дробь, доля	–	–	–
Г	+	–	Первичный показывающий прибор	–	–
Н	Ручное воздействие	–	–	–	Верхний предел измеряемой величины (5.11.7)
І	Ток	–	Первичный показывающий прибор	–	–

Продолжение табл.1

1	2	3	4	5	6
J	Мощность	Автоматическое переключение, обегание	–	–	–
K	Время, временная программа	–	–	Станция управления (5.11.2)	–
L	Уровень	–	–	–	Нижний предел измеряемой величины (5.11.7)
M	+	–	–	–	Величина или среднее положение (между верхним H и нижним L)
N	+	–	–	–	–
O	+	–	–	–	–
P	Давление, вакуум	–	–	–	–
Q	Количество	Интегрирование, суммирование по времени	–	+	–
R	Радиоактивность (5.13)	–	Регистрация	–	–
S	Скорость, частота	Самосрабатывающее устройство безопасности (5.8)	–	Включение, отключение, переключение, блокировка (5.11.4)	

1	2	3	4	5	6
T	Температура	–	–	Преобразование (5.11.5)	–
U	Несколько разнородных измеряемых величин	–	–	–	–
V	Вибрация	–	+	–	–
W	Вес, сила, масса	–	–	–	–
X	Нерекомендуемая резервная буква	–	Вспомогательные компьютерные устройства	–	–
Y	Событие, состояние (5.7)	–	–	Вспомогательное вычислительное устройство (5.11.6)	–
Z	Размер, положение, перемещение	Система инструментальной безопасности, ПАЗ (5.9)	–	+	–

Примечания.

Буквенные обозначения, отмеченные знаком «+», назначаются по выбору пользователя, а отмеченные знаком «-» не используются.

В круглых скобках приведены номера пунктов пояснения.

Правила построения условных обозначений на функциональных схемах автоматизации.

5.1. Настоящий стандарт устанавливает два метода построения условных обозначений: упрощенный; развернутый.

5.2. При упрощенном методе построения приборы и средства автоматизации, осуществляющие сложные функции, например контроль, регулирование, сигнализацию и выполнение в виде отдельных блоков, изображают одним условным обозначением. При этом первичные измерительные преобразователи и всю вспомогательную аппаратуру не изображают.

5.3. При развернутом методе построения каждый прибор или блок, входящий в единый измерительный, регулирующий или управляющий комплект средств автоматизации, указывается отдельным условным обозначением.

5.4. В условные обозначения приборов и средств автоматизации, применяемые в схемах, включаются 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.

5.5. При построении обозначений комплектов средств автоматизации первая буква в обозначении каждого входящего в комплект прибора или устройства (кроме устройств ручного управления и параметра «событие, состояние») является обозначением измеряемой комплектной величины.

5.6. Буквенные обозначения устройств, выполненных в виде отдельных блоков и предназначенных для ручных операций, независимо от того, в состав какого комплекта они входят, должны начинаться с буквы Н.

5.7. Первая буква У показывает состояние или событие, которое определяет реакцию устройства.

5.8. Символ S применяется в качестве дополнительного обозначения измеряемой величины F, P, T и указывает на самосрабатывающие устройства безопасности, предохранительный или отсечной клапан, термореле. Символ S не должен использоваться для обозначения устройств, входящих в систему инструментальной безопасности - ПАЗ.

5.9. Символ Z применяется в качестве дополнительного обозначения измеряемой величины для устройств системы инструментальной безопасности - ПАЗ.

5.10. Порядок расположения буквенных обозначений принимается с соблюдением последовательности обозначений, приведенных на рис. 1.

5.11.1. Букву А применяют для обозначения функции "сигнализация" независимо от того, вынесена ли сигнальная аппаратура на какой-либо щит или для сигнализации используются лампы, встроенные в сам прибор.

5.11.2. Букву К применяют для обозначения станции управления, имеющей переключатель для выбора вида управления и устройство для дистанционного управления.

5.11.3. Букву Е применяют для обозначения чувствительного элемента, выполняющего функцию первичного преобразования: преобразователи термоэлектрические, термопреобразователи сопротивления, датчики пирометров, сужающие устройства расходомеров и т.п.

5.11.4. Букву S применяют для обозначения контактного устройства прибора, используемого только для включения, отключения, переключения, блокировки.

При применении контактного устройства прибора для включения, отключения и одновременно для сигнализации в обозначении прибора используют обе буквы: S и А.

5.11.5. Букву Т применяют для обозначения первичного бесшкального прибора с дистанционной передачей сигнала: манометры, дифманометры, манометрические термометры.

5.11.6. Букву У применяют для обозначения вспомогательного устройства, выполняющего функцию вычислительного устройства.

5.11.7. Предельные значения измеряемых величин, по которым осуществляют, например, включение, отключение, блокировки, сигнализацию, допускается конкретизировать добавлением букв Н и L.

Комбинацию букв НН и LL используют для указания двух величин. Буквы наносят справа от графического обозначения. НН – выше верхнего предела, LL – ниже нижнего предела.

5.11.8. Отклонение функции D при объединении с функцией А (тревога) указывает, что измеренная переменная отклонилась от задания или другой контрольной точки больше, чем на predetermined число.

5.12. При построении буквенных обозначений указывают не все функциональные признаки прибора, а лишь те, которые используют в данной схеме.

5.13. При необходимости конкретизации измеряемой величины справа от графического обозначения прибора допускается указывать наименование, символ этой величины или ее значение, для измеряемой величины А указывают тип анализатора, обозначение анализируемой величины и интервал значений измеряемого параметра.

5.14. Для обозначения величин, не предусмотренных настоящим стандартом, допускается использовать резервные буквы. Применение резервных букв должно быть расшифровано на схеме.

5.15. Подвод линий связи к прибору изображается в любой точке графического обозначения (сверху, снизу, сбоку). При необходимости

указания направления передачи сигнала на линиях связи наносятся стрелки.

Отборные устройства для всех постоянно подключенных средств измерения специального обозначения не имеют, а изображаются в виде тонкой сплошной линии связи, соединяющей технологическое оборудование или трубопровод (в месте отбора импульса) с условным изображением первичного измерительного преобразователя или соответствующего прибора.

В тех случаях, когда необходимо указать точное место расположения отборного устройства или точки измерения (внутри контура технологического агрегата) в конце тонкой линии изображают окружность диаметром 2 мм, располагаемую в точке отбора импульса.

Соединительные линии следует наносить с наименьшим количеством перегибов и пересечений между собой и оборудованием. Условные обозначения приборов пересекать ими нельзя.

#### **1.4. Разработка функциональных схем автоматизации по стандарту S5.1**

*Стандарт S5.1 [8], разработанный Комитетом по стандартизации ISA (Instrument Society of America) на основе международного стандарта ISO 3511 [1 - 4], содержит обширный набор буквенно-графических символов для изображения функций автоматизации и технических средств и позволяет создавать функциональные схемы автоматизации **любой степени детализации по усмотрению разработчика.***

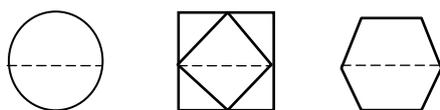
*Размеры графических символов могут варьироваться по желанию разработчика и в зависимости от размеров чертежа схемы единственным условием является единообразие изображений в пределах одной схемы.*

Набор значений буквенных символов стандарта S5.1 шире, чем приведенный в табл.1; основные значения в стандарте S5.1 и ГОСТ 21.208-2013 совпадают (табл.2).

Поскольку буквенные обозначения стандарта имеют наибольшую степень схожести с ГОСТ 21.208-2013 и ГОСТ 21.404-805, то это делает возможным чтение зарубежных схем российскими специалистами.

Вид и назначение графических символов стандарта S5.1 представлены в табл.3.

*Графический символ может быть дополнен пояснением, которое располагается вверху справа от графического символа.* Устройства или функции, не доступные оператору системы, изображают аналогично представленным в табл.4, но вместо сплошной линии используются пунктирные линии, как, например:



Стандарт S5.1 содержит следующую символику *для обозначения типа передаваемых по линиям связи сигналов:*

	<b>подключение к объекту управления</b>
	<b>неопределенный тип сигнала</b>
	<b>пневматический сигнал</b>
	<b>электрический сигнал</b>
	<b>гидравлический сигнал</b>
	<b>световой или звуковой сигнал</b>
	<b>внутрисистемная связь</b>
	<b>пневматический бинарный сигнал</b>
	<b>электрический бинарный сигнал</b>

**Буквенные условные обозначения функций автоматизации  
по стандарту S5.1**

Обозначение	Измеряемая величина		Функциональный признак прибора		
	основное значение первой буквы	дополнительное обозначение, уточняющее значение первой буквы	отображение информации	формирование выходного сигнала	дополнительное значение
1	2	3	4	5	6
A	Анализ		Сигнализация		
B	Горение, сжигание				
C				Автоматическое регулирование	
D		Разность, перепад			
E	Напряжение		Датчик (первичный элемент)		
F	Расход	Соотношение, дробь, доля			
G			Устройство для наблюдения (монитор)		
H	Ручное воздействие				Верхний предел
I	Ток		Показание		
J	Мощность	Сканирование			

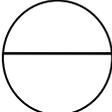
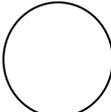
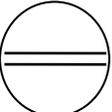
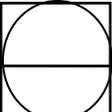
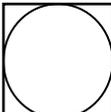
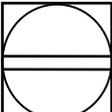
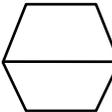
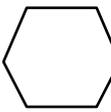
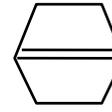
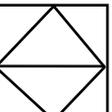
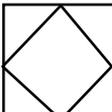
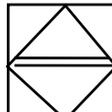
Продолжение табл.2

1	2	3	4	5	6
К	Временная программа	Скорость изменения		Станция управления	
L	Уровень		Световая сигнализация		Нижний предел
М	Резервная буква	Мгновенное значение			Среднее значение
N	Резервная буква				
О	Резервная буква		Сужающее устройство		
P	Давление, вакуум		Точка отбора, соединение		
Q	Величина, характеризующая качество: состав, концентрация	Интегрирование, суммирование по времени			
R	Радиоактивность		Регистрация		
S	Скорость, частота	Обеспечение безопасности		Включение отключение, переключение, блокировка	
T	Температура			Передача сигнала	

Окончание табл.2

1	2	3	4	5	6
U	Несколько различных параметров		Многофункциональность	Многофункциональность	
V	Вибрация			Клапан, демпфер	
W X	Масса Резерв	ось X			
Y	Событие, состояние	ось Y		Релейный выход, вычисление, преобразование	
Z	Положение, размер	ось Z		Двигатель, регулирующий орган	

**Условные графические изображения технических средств  
по стандарту S5.1**

Расположение функций	Основные технические средства, доступные оператору	Технические средства по месту	Вспомогательные средства, доступные оператору
Отдельно расположенное устройство			
Монитор оператора, программируемый контроллер			
Функции, выполняемые компьютером			
Программное логическое управление			

*Стандарт S5.1 позволяет указывать на функциональных схемах типы регулирующих органов и исполнительных механизмов (табл.4 и 5), отображать состояние регулирующих органов в случае аварийного отключения питания (табл.6), а также детализировать изображения средств измерения технологических параметров (табл.7).*

Таблица 4

## Условные изображения регулирующих клапанов

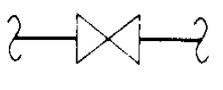
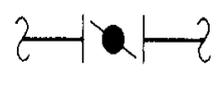
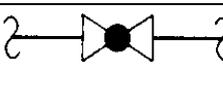
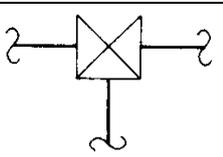
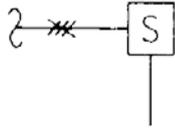
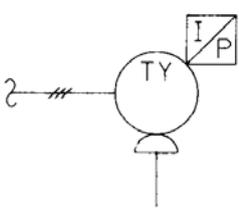
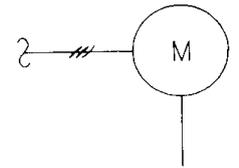
	Общее изображение
	Клапан типа «бабочка»
	Поворотная заслонка
	Шаровой клапан
	Трехходовой клапан

Таблица 5

## Условные изображения исполнительных механизмов (ИМ)

	Соленоидный вентиль
	Мембранный исполнительный механизм с встроенным электропневматическим преобразователем
	Многооборотный двигатель

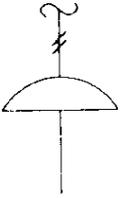
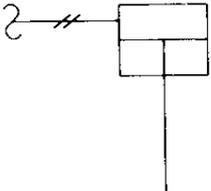
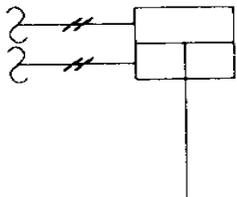
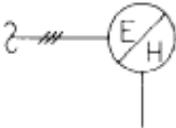
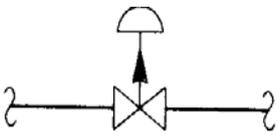
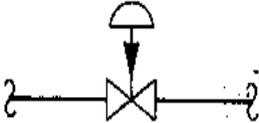
	<p>Мембранный ИМ</p>
	<p>Пневмоцилиндр одностороннего действия</p>
	<p>Пневмоцилиндр двустороннего действия</p>
	<p>Электро-гидравлический преобразователь</p>

Таблица 6

**Условные обозначения состояния мембранных ИМ  
в случае аварийного отключения питания**

	<p>Двухходовой клапан, открытое состояние</p>
	<p>Двухходовой клапан, закрытое состояние</p>

Продолжение табл.6

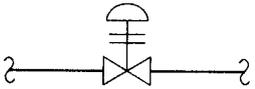
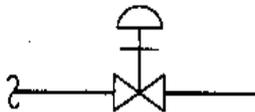
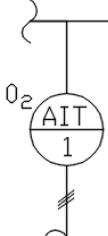
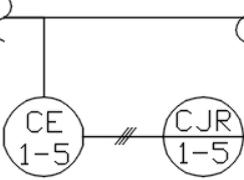
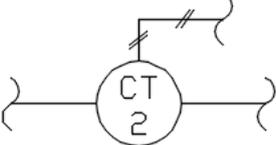
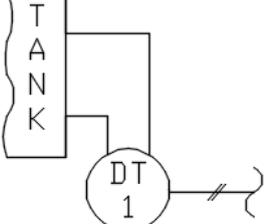
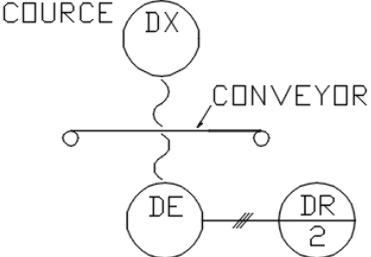
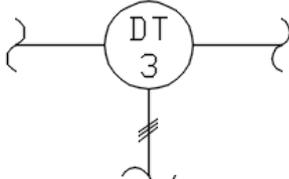
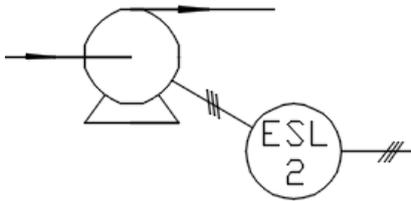
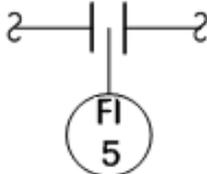
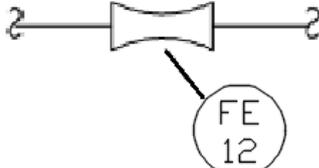
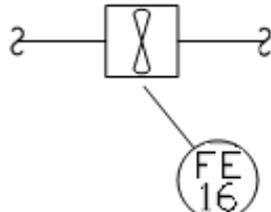
	<p>Любой клапан, сохраняется состояние к моменту отключения питания</p>
	<p>Любой клапан, состояние не определено</p>

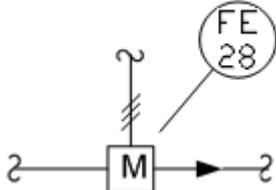
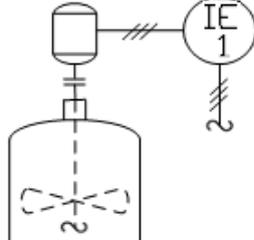
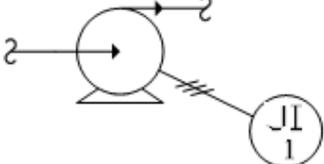
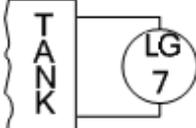
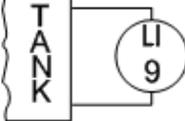
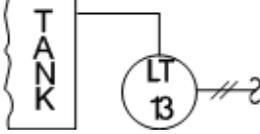
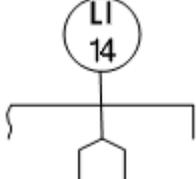
Таблица 7

**Условные обозначения средств измерения технологических параметров**

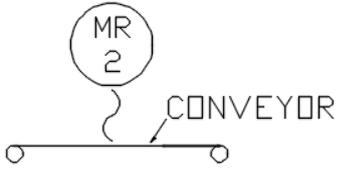
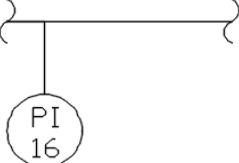
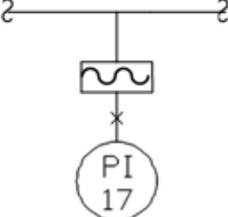
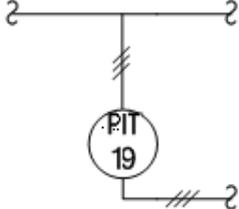
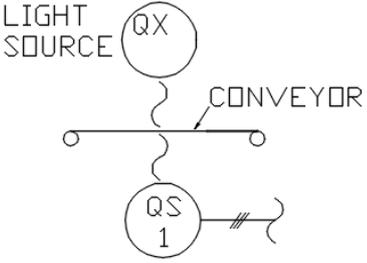
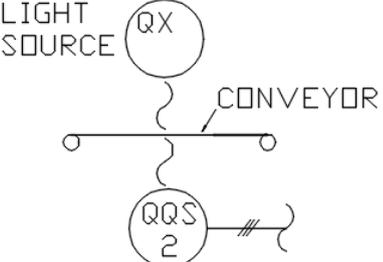
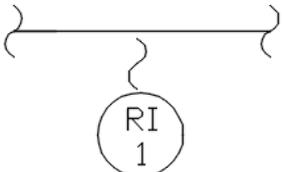
№ п/п	Наименование	Обозначение
1	2	3
1	Анализ состава вещества	
2	Измеритель проводимости, подключенный к точечному самописцу	
3	Измеритель концентрации со встроенным преобразователем	
4	Пьезометрический измеритель плотности (по перепаду давления)	

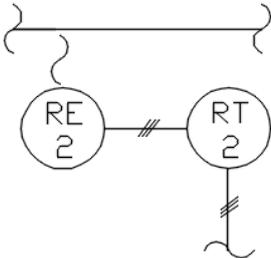
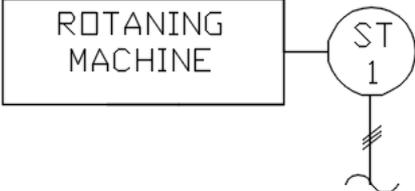
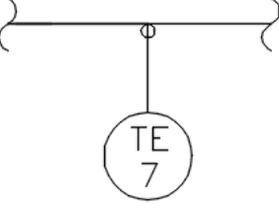
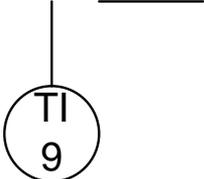
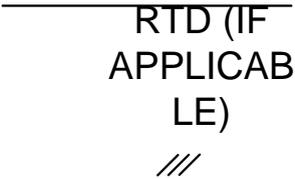
1	2	3
5	Радиоактивный измеритель плотности, подключенный к самописцу, установленному дистанционно	
6	Измеритель удельного веса проточного типа	
7	Контроль и блокировка двигателя насоса при падении напряжения	
8	Общее обозначение измерителя расхода	
9	Сужающее устройство с фланцевыми или угловыми отводами к показывающему прибору перепада давления, установленному по месту	
10	Трубка Вентури	
11	Турбинный или пропеллерный первичный элемент	

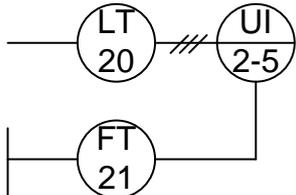
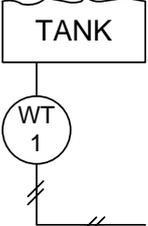
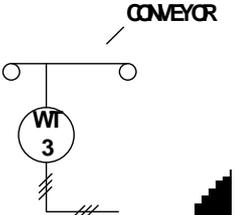
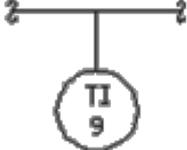
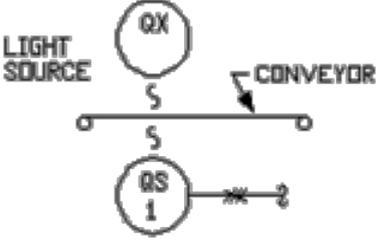
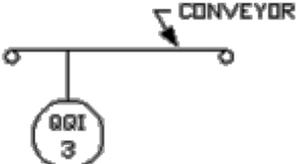
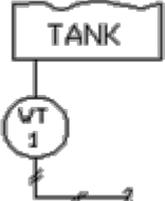
Продолжение табл.7

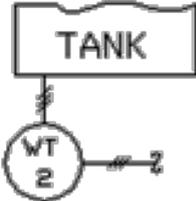
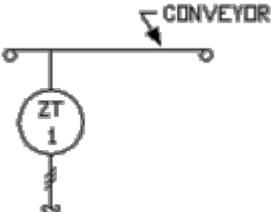
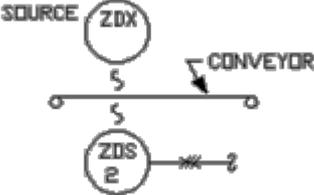
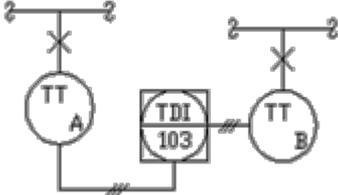
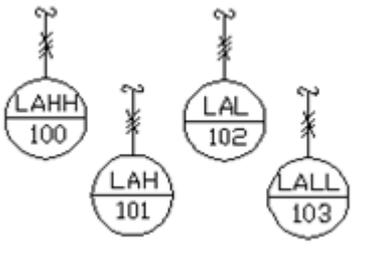
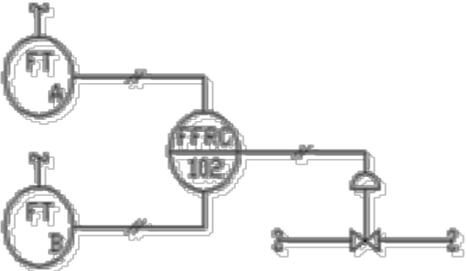
1	2	3
12	Элемент электромагнитного расходомера	
13	Измерение ампер нагрузки электродвигателя	
14	Измерение мощности двигателя, насоса	
15	Встроенное водомерное стекло	
16	Водомерное стекло, соединенное с емкостью	
17	Индикатор уровня	
18	Преобразователь уровня дифференциального типа	
19	Измеритель и индикатор уровня поплавкового типа	
20	Радиоактивный или ультразвуковой преобразователь уровня	

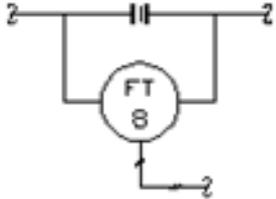
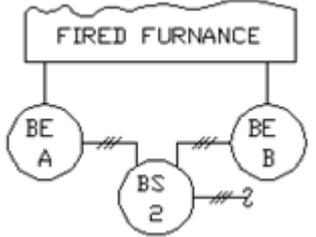
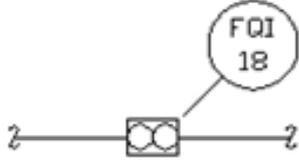
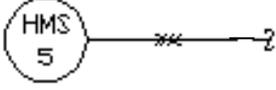
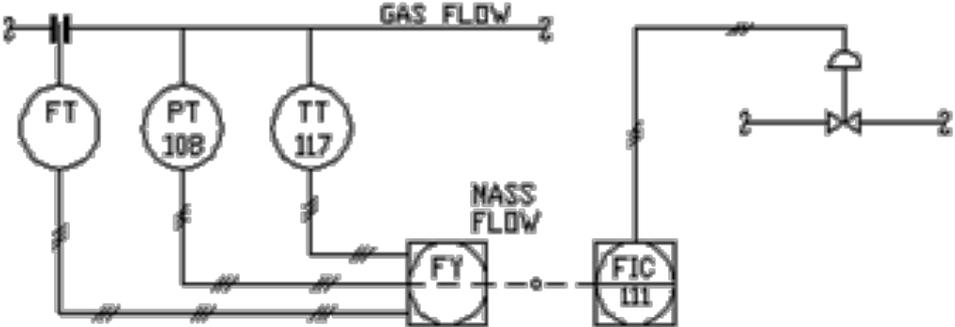
Продолжение табл.7

1	2	3
21	Измерение и регистрация влажности	
22	Прямое измерение и индикация давления по месту	
23	Измеритель давления с сильфонным разделителем и капилляром	
24	Измеритель давления с показывающим преобразователем	
25	Счетчик фотоэлектрического типа	
26	Счетчик фотоэлектрического типа суммирующий	
27	Измеритель радиации с индикацией	

1	2	3
28	Первичный измеритель радиации с преобразователем	
29	Тахометр	
30	Датчик температуры в защитном чехле (символ чехла необязателен)	
31	Термометр показывающий, установленный по месту	
32	Термопара, термометр сопротивления, соединенный с показывающим прибором по месту	
33	Пирометр – первичный преобразователь	

1	2	3
34	Измерение нескольких параметров	
35	Преобразователь веса с пневматическим выходом	
36	Преобразователь веса с электрическим выходом	
37	Контроль степени открытия клапана	
38	Термометр биметаллического типа, стеклянный термометр, или другие неостекленные индикаторы температуры	
39	Счетчик фотоэлектрического типа с действием выключения для каждого случая Light source – источник света Conveyor - конвейер	
40	Индикаторный счетчик механического типа по S-3	
41	Преобразователь (датчик) веса	

1	2	3
42	Датчик, присоединенный к преобразователю веса WT-2	 <p>The diagram shows a rectangular box labeled 'TANK' at the top. A vertical line with a break symbol connects it to a circular symbol labeled 'WT 2'. A horizontal line with a break symbol extends from the right side of the circle to a terminal symbol consisting of two short parallel lines.</p>
43	Датчик толщины рулона	 <p>The diagram shows a horizontal line representing a 'CONVEYOR' with an arrow pointing downwards. A vertical line with a break symbol connects the center of the conveyor to a circular symbol labeled 'ZT 1'. A horizontal line with a break symbol extends from the right side of the circle to a terminal symbol.</p>
44	Измеритель толщины радиоактивного типа	 <p>The diagram shows a horizontal line representing a 'CONVEYOR' with an arrow pointing downwards. Above the conveyor is a circular symbol labeled 'ZDX' with 'SOURCE' written above it. Below the conveyor is a circular symbol labeled 'ZDS'. Both are connected to the conveyor line by vertical lines with break symbols. A horizontal line with a break symbol extends from the right side of the ZDS circle to a terminal symbol.</p>
45	Контроль перепада температур	 <p>The diagram shows two temperature sensors, 'TT A' and 'TT B', each connected to a terminal symbol. They are connected to a central square box labeled 'TDI 103'. A horizontal line with a break symbol extends from the right side of the TDI box to another terminal symbol.</p>
46	Сигнализаторы уровня – очень высокий LAHH, высокий LAH, низкий LAL и очень низкий LALL	 <p>The diagram shows four circular level sensors arranged in two rows. The top row contains 'LAHH 100' and 'LAL 102'. The bottom row contains 'LAH 101' and 'LALL 103'. Each sensor is connected to a terminal symbol above it by a vertical line with a break symbol.</p>
47	Регулирование соотношения потоков	 <p>The diagram shows a flow control system. Two flow sensors, 'FT A' and 'FT B', are connected to a central square box labeled 'FFRG 102'. The output of the FFRG box goes through a valve symbol to a terminal symbol.</p>

1	2	3
48	Датчик расхода по перепаду давления	
49	Два датчика силы пламени горелки (А, В), присоединенные к общему выключателю	
50	Измеритель влажности (если есть чувствительный элемент, то помечается как ME-2)	
51	Счетчик расхода	
52	Ручной электрический выключатель	
53	Вычисление и регулирование массового потока газа. Для вычисления массового потока используются измеренные значения давления, температуры и расхода газа	

## 1.5. Общие принципы разработки ФСА

При проектировании систем автоматизации технологических процессов все технические решения по автоматизации агрегатов или отдельных участков технологического процесса отображаются на функциональных схемах автоматизации.

Функциональные схемы автоматизации могут разрабатываться с большей или меньшей степенью детализации. Но объем информации должен быть достаточен для полного представления о принятых решениях по автоматизации и составления укрупненных заявочных ведомостей (спецификаций) основных средств автоматизации.

При разработке функциональных схем автоматизации технологических процессов необходимо, чтобы схема автоматизации обеспечивала решение следующих основных задач:

- сбор и первичная обработка информации о процессе;
- контроль технико-экономических показателей процесса;
- представление информации оператору;
- контроль состояния оборудования;
- контроль отклонений технологических параметров;
- программное и дистанционное управление;
- учет технологических параметров;
- учет технико-экономических показателей;
- учет состояния оборудования [9].

Эти задачи решаются на основании анализа условий работы технологического оборудования, выявленных законов и критериев управления объектом, а также требований, предъявляемых к точности стабилизации, контроля и регистрации технологических параметров, к качеству регулирования.

Разработку функциональной схемы автоматизации процесса начинают со всестороннего анализа объекта управления, в ходе которого должно быть установлено назначение, устройство, принцип работы автоматизируемого

объекта и определены его входные, режимные и выходные параметры. Особое внимание необходимо уделить выявлению возмущающих воздействий, чтобы устранить их действие и возможных управляющих воздействий, изменением которых можно *регулировать выходные и режимные параметры*.

Для повышения надежности системы управления предусматривается возможность ведения технологического процесса как в режиме автоматического, так и ручного дистанционного управления и переключение режимов управления.

Управление объектом должно быть централизованным и осуществляться из операторских пунктов.

При построении схем автоматизации и выборе технических средств должны учитываться: вид и характер производственного процесса, условия пожаро- и взрывоопасности, агрессивность и токсичность окружающей среды и т. д.; параметры (температура и давление) и физико-химические свойства измеряемой среды; расстояния от мест установки датчиков, вспомогательных устройств, исполнительных механизмов, приводов машин и запорных органов до пунктов управления и контроля; требуемая точность и быстродействие контрольной и регулирующей аппаратуры [9].

Выбор средств автоматизации, использующих вспомогательную энергию (электрическую, пневматическую и гидравлическую), определяется условиями пожаро- и взрывоопасности автоматизируемого объекта, агрессивности окружающей среды, требованиями к быстродействию, дальностью передачи сигналов информации и управления.

Важное место в разработке управляющей системы отводится выбору сигнализируемых событий и противоаварийных мероприятий. Сигнализации подлежат все параметры, изменение которых может привести к аварии или серьезному нарушению технологического режима, наиболее ответственные режимные параметры, показатели эффективности.

## 1.6. Примеры функциональных схем автоматизации

### 1.6.1. Автоматизация процесса приготовления варочной кислоты в производстве сульфитной целлюлозы

В процессе варки целлюлозы сдувочные газы из варочных котлов направляются в систему регенерации  $SO_2$  для укрепления сырой сульфитной кислоты. Сдувочные газы поступают через эдукторы 1 в цистерны высокого и низкого давления. Сырая сульфитная кислота насосом подается в цистерну низкого давления, из которой затем транспортируется в цистерну высокого давления. Варочная кислота из цистерны высокого давления подается в варочный цех. Укрепление кислоты осуществляется путем циркуляции ее через эдукторы во время поступления сдувочных газов. Подача сырой кислоты в цистерну низкого давления или подкачка кислоты в цистерну высокого давления происходит лишь при падении уровня в цистернах до минимума.

*Функциональная схема автоматизации процесса регенерации  $SO_2$ , выполненная согласно ГОСТ 21.208-2013, представлена на рис.2.* На схеме сохранены номера позиций систем контроля и управления, принятые в технической документации, из которой взят пример.

Контроль давления в линиях сдувочных газов осуществляется манометрами (поз. **PG-9**, **PG-19**), контроль давления в линиях подачи кислоты к эдукторам – (поз. **PG-15**, **PG-26**). Регулирование расхода непоглощенных газов из цистерны высокого давления в цистерну низкого давления отражено на поз. **PRC-18**, а расход непоглощенных газов из цистерны низкого давления в кислотные баки – на поз. **PRC-1**. Рабочее давление в парогазовой фазе цистерны низкого давления составляет  $1,5 \text{ кг/см}^2$  (поз. **PRA-11**). При

достижении давления в цистерне  $5,0 \text{ кг/см}^2$  срабатывает световая и звуковая сигнализация. Если не будут приняты меры по снижению давления в цистерне и оно достигнет  $6 \text{ кг/см}^2$ , электроконтактный манометр (поз. **PISA-10**) закроет клапан (поз. **HSA-10**) на подаче сдувок в цистерну.

Рабочее давление в парогазовой фазе цистерны высокого давления составляет  $3,0 \text{ кгс/см}^2$  (поз. **PRA-21**). При достижении давления в цистерне  $5,5 \text{ кгс/см}^2$  срабатывает световая и звуковая сигнализация.

В случае превышения верхнего предела  $10 \text{ кгс/см}^2$ , электроконтактный манометр (поз. **PISA-20**) закроет клапан (поз. **HSA-20**) на подаче сдувок в цистерну.

При понижении уровня в цистерне низкого давления до минимального (поз. **L RSA-13**) открывается задвижка (поз. **HSA-8.1**) и закрывается задвижка (поз. **HSA-8.2**). Происходит подпитка цистерны и на пульте оператора включается лампочка “подкачка кислоты в цистерну низкого давления”.

При повышении уровня в цистерне до максимального задвижка (поз. **HSA- 8.1**) закрывается, а задвижка на трубопроводе кислоты из цистерны открывается (поз. **HSA-8.2**). Лампочка “подкачка кислоты в цистерну низкого давления” погаснет. При понижении уровня в цистерне высокого давления до минимального (поз. **L RSA-24**) открывается задвижка (поз. **HSA-17**) и закрывается задвижка (поз. **HSA-27**). Происходит подпитка цистерны. На пульте оператора включается лампочка “подкачка кислоты в цистерну высокого давления”. При повышении уровня в цистерне до максимального значения задвижка (поз. **HSA-17**) закрывается, а задвижка на трубопроводе кислоты из цистерны открывается

(поз. **HSA-27**). Лампа “подкачка кислоты в цистерну высокого давления” гаснет.

Предусмотрена возможность дистанционного управления клапанами с пульта оператора – этому соответствует обозначение **HSA** у всех клапанов.

### **1.6.2. Автоматизация процесса промывки небеленой целлюлозы на вакуум-фильтрах**

Задача процесса промывки состоит в том, чтобы с *наименьшими потерями* отделить *весь отработанный варочный щелок* от целлюлозной массы.

На **рис. 3** представлена функциональная схема автоматизации промывной установки, выполненная по **ГОСТ 21.208-2013**.

*В данном примере процесс промывки протекает в батарее из двух однозонных вакуум-фильтрах по замкнутой противоточной схеме.* Крепкий щелок отбирается из первого бака фильтрата и подается в варочный цех и на выпарку.

Целлюлозная масса после варочного котла и выдувного резервуара поступает на сортирование, откуда с концентрацией **0,9-1,2 %** поступает в приемную ванну первого вакуум-фильтра. На схеме показаны функции контроля и регулирования расхода массы на промывку (поз. **FIRC- 1**).

На вращающемся барабане вакуум-фильтра образуется слой целлюлозы в виде папки. Щелок фильтруется через слой целлюлозы внутрь барабана и стекает в сборники фильтрата.

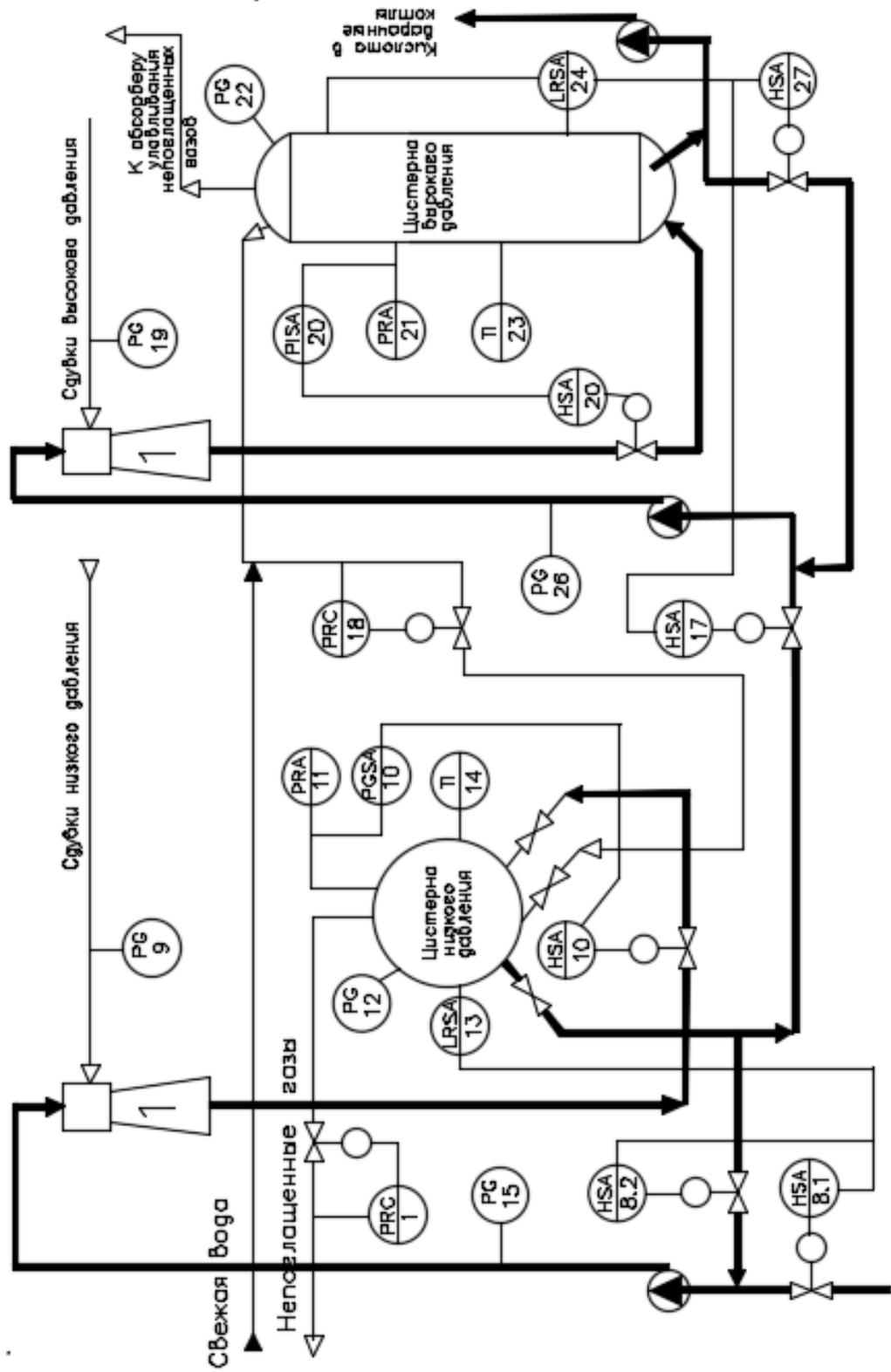


Рис.2. Функціональна схема автоматизації

Для промывки массы на последний вакуум-фильтр подается горячая вода, на первый фильтр для промывки подается фильтрат из второго бака фильтрата.

Расход фильтрата на spryski первого вакуум-фильтра регулируется (поз.**FIC-7**). Задание регулятору расхода фильтрата на spryski первого вакуум-фильтра формируется в контуре регулирования уровня во втором баке фильтрата (поз.**LICA-8**).

Для формирования однородной папки на сетке барабана необходимо обеспечить постоянство уровня массы в приемной ванне вакуум-фильтра. Это осуществляется путем изменения скорости вращения барабана с помощью двухконтурной системы регулирования (поз.**LIC-2, LIC-4, SIRC-3, SIRC-5**).

Задание системе регулирования скорости вращения барабанов фильтров (поз. **SIRC-3, SIRC-5**) поступает с систем стабилизации уровня в приемной ванне фильтров (поз.**LIC-2, LIC-4**).

Промытая и сгущенная масса с первого вакуум-фильтра поступает в разбиватель, где разбавляется щелоком до концентрации **0,9-1,2 %** и подается в приемную ванну второго фильтра. Расход фильтрата, необходимый для разбавления массы в приемной ванне второго фильтра устанавливается, исходя из производительности потока (поз.**FFIC-9**).

На spryski второго вакуум-фильтра на промывку целлюлозы подается горячая вода, температура которой **65-70 °C** контролируется (поз.**TI-12**). Расход горячей воды регулируется (поз. **FIRC- 11**) в зависимости от степени чистоты промывки целлюлозы (поз.**AIC-10**) (крепости фильтрата, поступающего во второй сборник фильтрата). Задание системе регулирования расхода горячей воды поступает с системы регулирования степени чистоты

промывки. Уровень в первом сборнике фильтрата регулируется изменением степени открытия клапана на трубопроводе щелока, подаваемого на выпарку (поз.**LICA-6**).

### ***1.6.3. Автоматизация процесса приготовления композиции бумажной массы***

Приготовление композиции бумажной массы осуществляется в композиционном бассейне, где смешиваются два полуфабриката - сульфатная целлюлоза (**САЦ**) и сульфитная целлюлоза (**СИЦ**).

Потоки полуфабрикатов подаются из накопительных бассейнов лиственной и хвойной целлюлозы.

На **рис. 4, 5** приведены функциональные схемы автоматизации процесса приготовления композиции бумажной массы, выполненные по **ГОСТ 21.208-2013** и в стандарте **ISA S5.1**. Степень детализации функций обусловлена возможностями соответствующих стандартов.

На схемах показаны контроль и сигнализация уровней в накопительных бассейнах (поз. **LIA-1, LIA-6**), регулирование концентрации массы после насосов (поз.**AIRC-2, AIRC-7**). Контур поз.**LICA-11** стабилизирует уровень в композиционном бассейне путем изменения расходов, поступающих в бассейн полуфабрикатов. Регулирование расходов полуфабрикатов (поз.**FIRC-3, FIRC-6**) осуществляется таким образом, чтобы обеспечить их заданное массовое соотношение в композиции бумажной массы. Для повышения точности поддержания композиции задание контурам регулирования расходов полуфабрикатов рассчитывается по формулам (поз.**AIC-12**).

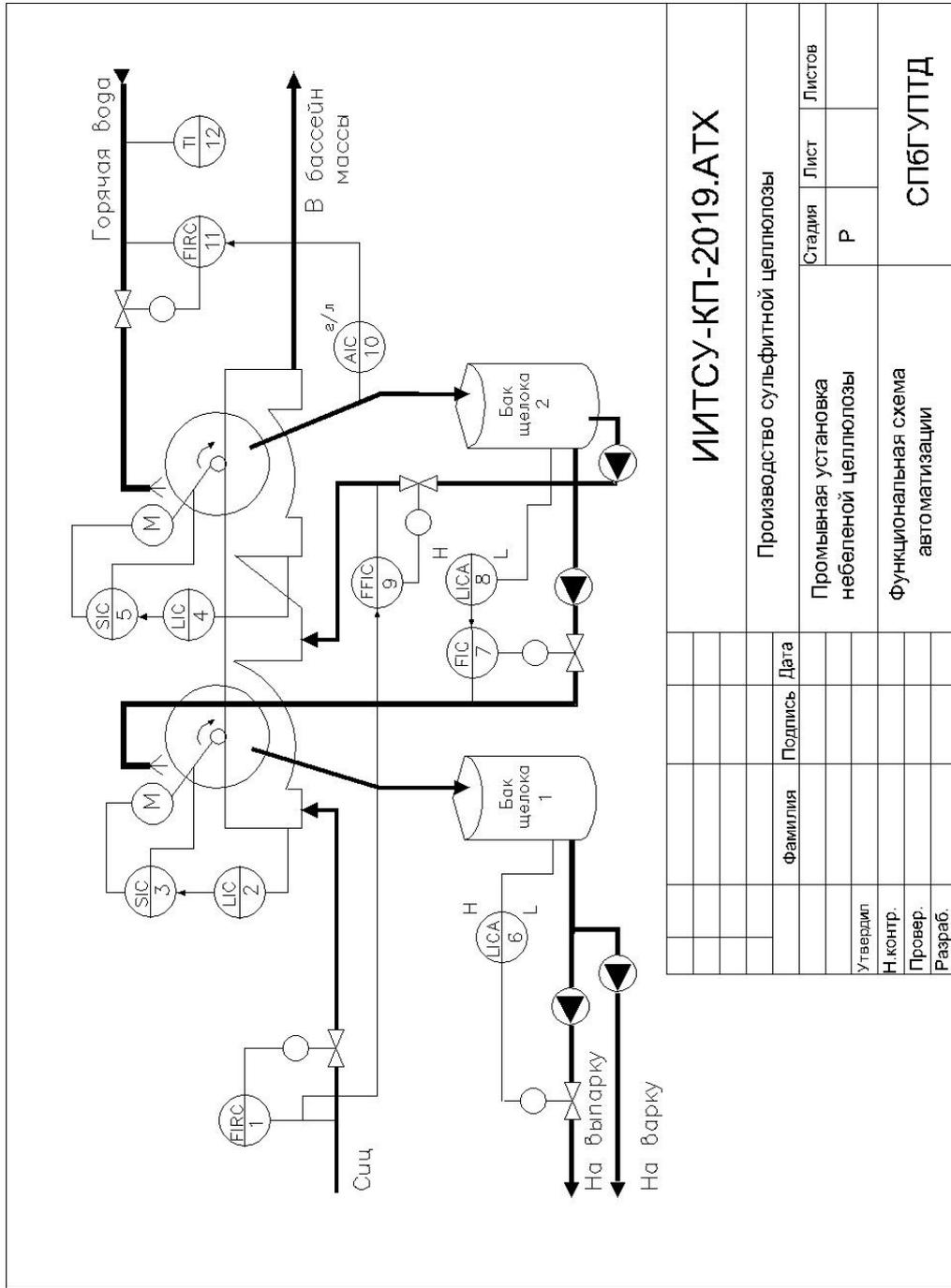


Рис.3. Функциональная схема автоматизации процесса промывки небеленой целлюлозы

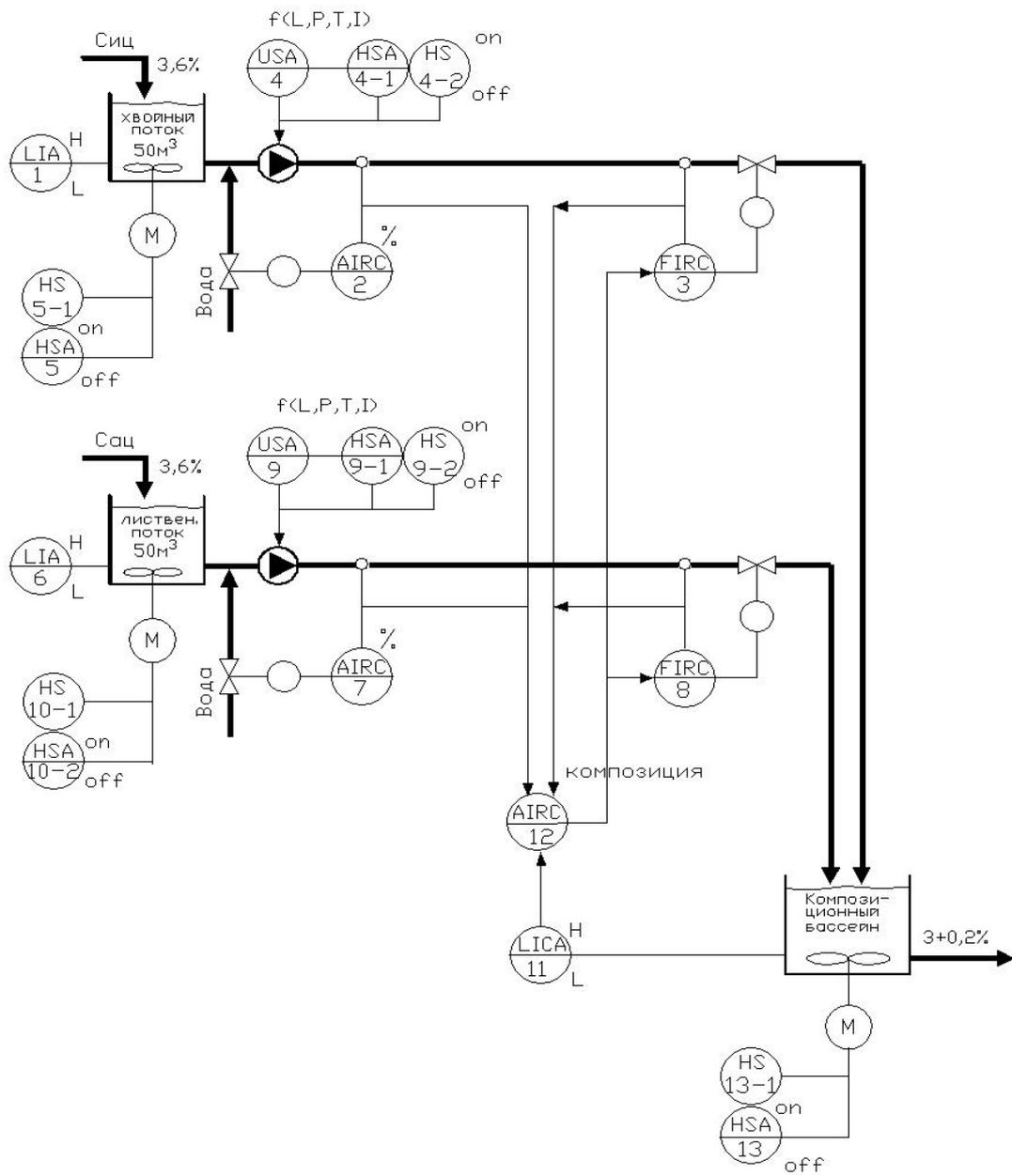


Рис.4. Функциональная схема автоматизации процесса приготовления бумажной массы (ОСТ 21.208-2013)

$$F_{1zad} = \frac{0.01 \cdot Azad \cdot Fzad \cdot Q}{Q_1};$$

$$F_{2zad} = \frac{0.01 \cdot (100 - Azad) \cdot Fzad \cdot Q}{Q_2},$$

где **F<sub>1zad</sub>**, **F<sub>2zad</sub>** - задание на изменение расходов 1-го и 2 -го полуфабрикатов, соответственно;

- **Fzad** - задание на изменение общего расхода полуфабрикатов;

- **Azad** - задание по процентному содержанию 1-го полуфабриката в композиции; задается оператором процесса или рассчитывается подсистемой верхнего уровня;

- **A** - концентрация массы на входе в композиционный бассейн, рассчитывается по формуле

$$A = \frac{F_1 C_1 + F_2 C_2}{F_1 + F_2};$$

- **A<sub>1</sub>**, **A<sub>2</sub>** - концентрация полуфабрикатов после накопительных бассейнов (**AIRC-2**, **AIRC-7**).

Текущее значение композиции рассчитывается по измеренным значениям расходов и концентраций полуфабрикатов, подаваемых в композиционный бассейн:

$$A = \frac{F_1 C_1}{F_1 C_1 + F_2 C_2} 100.$$

Кроме функций контроля и регулирования технологических параметров на схемах показаны функции управления оборудованием: двигателями мешалок в бассейнах (поз.5,10,13) и массными насосами (поз. 4,9). Предусмотрена возможность управления оборудованием по месту и дистанционно.

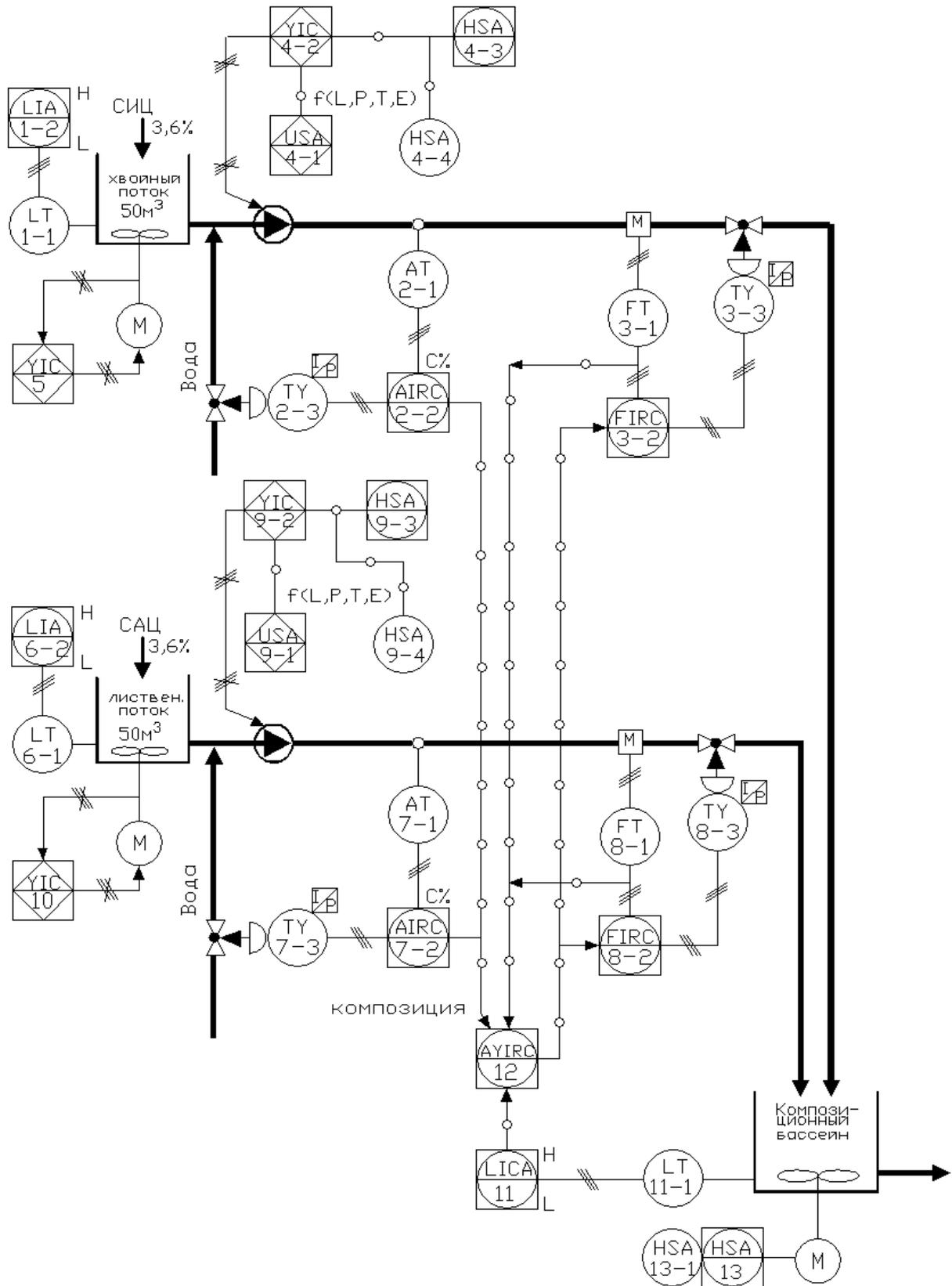


Рис.5. Функциональная схема автоматизации процесса приготовления бумажной массы в стандарте S5.1

Для безаварийной работы насосов предусмотрена блокировка (поз. **USA-4, USA-9**) по нескольким параметрам - уровню в бассейне, давлению масла в подшипниках насосов, току и температуре обмотки двигателей насосов.

На функциональной схеме (**рис.5**) использованы возможности стандарта **S5.1**: отображение технической реализации функций контроля и управления, типов передаваемых сигналов, типов датчиков технологических параметров и исполнительных механизмов. Благодаря этим возможностям, функциональная схема автоматизации в стандарте **S5.1** является более информативной.

## **2. Структура и назначение заказной спецификации**

*Заказная спецификация предназначена для закупки приборов и средств автоматизации, необходимых для реализации решений, принятых при разработке технического проекта и отраженных на функциональной схеме автоматизации.*

Спецификация составляется в соответствии с требованиями ГОСТ 21.110-95 СПДС “Правила выполнения спецификации оборудования, изделий и материалов”.

Спецификация для функциональной схемы автоматизации процесса промывки целлюлозы, представленная на **рис. 3**, приведена на **с. 47 – 49**. Количество граф для приведенного в учебном пособии примере было сокращено. *Оставлены графы, которые при разработке курсового проекта должны быть обязательно заполнены.*

При использовании в проекте технических средств, для заказа которых требуется заполнения опросных листов, последние должны быть обязательно приложены к проекту. Формы опросных листов устанавливает изготовитель оборудования.

Позиция	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка	Завод-изготовитель	Количество
1	2	3	4	5
FIR-1	Регулирование расхода массы, поступающей на промывку	Simatic S5	Siemens, Германия	
FE/FT-1	Электромагнитный расходомер в комплекте	MAG/1	Fischer-Porter	1
FE-1	Датчик расхода. Покрытие датчика – полуретан. Соединение фланцевое.		Германия	
FT-1	Измерительная преобразователь. Вых сигнал 4–20 мА Питание 220 В, 50 гЦ	MAG/1		
FV/FY-1	Заслонка регулирующая с пневмоприводом и электропневмопозиционером	L1CMA	Фирма "Neles"	1
	Ком. сигнал 4–20мА Питание 0.6Мпа.		Финляндия	
UC-2,4	Регулирование уровня в приемной ванне вакуум-фильтра.	Simatic S5	Siemens, Германия	
LT-2,4	Преобразователь гидростатического давления. Вых сигнал 4–20 мА Питание 12–42В.	Метран-100-ДГ	АО "Метран"	2
			г. Челябинск	
SIC-3,5	Регулирование скорости вращения барабана вакуум-фильтра. 0–15об/мин	Simatic S5	Siemens, Германия	
ST-3,5	Тахометр ТХ01. Питание 24В, Вых сигнал 4–20мА Интерфейс RS-485	ТХ01-RS	φ Обец, Уфа	2
<b>ИИТСУ-КП-2019.АТХ</b>				
Производство сульфитной целлюлозы				
Промывная установка небеленой целлюлозы				
Спецификация оборудования				
СПБГУПТД				

Фамилия	Подпись	Дата
Утвердил		
Н.контр.		
Провер.		
Разраб.		

Позиция	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка	Завод-изготовитель	Количество
1	2	3	4	5
ЦСА-6,8	Регулирование уровня в баке шлока 1, 2	SIMATIC S5	Siemens, Германия	
LT-6,8	Преобразователь гидростатического давления. Вых сигнал 4-20 мА	Саффир-22-ДГ	АО "Манометр" г. Москва	2
	Преобразователь гидростатического давления. Вых сигнал 4-20 мА			
LV-6	Клапан регулирующий с пневмоприводом. Ду 150	Серия R1	Фирма "Neles"	1
LY-6	Электропневмопозиционер двустороннего действия. Входной сигнал 4-20 мА. Питание 0.6мПа	NE724 S/S1	Фирма "Neles"	1
FC-7	Регулирование расхода шлока на спрыски первого вакуум-фильтра.	SIMATIC S5	Siemens, Германия	
FE/FT-7	Электромагнитный расходомер в комплекте	MAG/1	Fischer-Porter Германия	1
FE-7	Датчик расхода. Покрытие датчика – полиуретан. Соединение фланцевое.			
FT-7	Измерительный преобразователь. Вых сигнал 4-20 мА. Питание 220 В, 50 гЦ	MAG/1		
FV-7	Клапан регулирующий с пневмоприводом. Ду 150	Серия R1	Фирма "Neles"	1
FY-7	Электропневмопозиционер двустороннего действия. Входной сигнал 4-20 мА. Питание 0.6мПа	NE724 S/S1	Фирма "Neles"	1
FFIC-9	Регулирование соотношения расхода шлока к расходу целлюлозы.	SIMATIC S5	Siemens, Германия	
FE/FT-9	Электромагнитный расходомер в комплекте	MAG/1	Fischer-Porter Германия	
FE-9	Датчик расхода. Покрытие датчика – полиуретан. Соединение фланцевое.			
FT-9	Измерительный преобразователь. Вых сигнал 4-20 мА. Питание 220 В, 50 гЦ	MAG/1		
FV-9	Клапан регулирующий с пневмоприводом. Ду 150	Серия R1	Фирма "Neles"	1
FY-9	Электропневмопозиционер двустороннего действия. Входной сигнал 4-20 мА	NE724 S/S1	Фирма "Neles"	1
Спецификация оборудования				ЛИСТ 2

ИЗМ.	КОЛ.	ЛИСТ	ДОК.	ПОДП.	ДАТА



В *первой графе* спецификации указывается *полное буквенно-цифровое позиционное обозначение функций контроля или регулирования согласно функциональной схеме*. Затем в *этой же графе* под данной цифровой позицией перечисляются *все элементы в последовательности прохождения сигнала от датчика до исполнительного устройства*. Аппаратура и устройства, поставляемые комплектно с приборами, состав которых определяется условиями технологических процессов, включаются в спецификацию за соответствующими позициями приборов после слов “Комплектно поставляются”.

*Элементы одного типа* с одинаковыми параметрами, имеющие на схеме последовательные порядковые номера, *допускается записывать в одну строку*.

В *графе 2* приводятся *наименование технических средств* и их характеристики. Для *датчиков* указываются *наименование и предельное значение параметров измеряемой среды, величина выходного сигнала, погрешность измерения*.

В *графе 3* записываются *тип и марка используемых технических средств*.

В *графах 4 и 5* приводятся *сведения о заводе-изготовителе и количестве заказываемого оборудования*.

Графы «единицы измерения, их коды по классификатору, код завода-изготовителя, цена и масса единицы оборудования» при выполнении курсового проекта могут не заполняться.

При выборе датчиков для АСУТП необходимо учитывать следующие свойства и характеристики датчиков: пределы измерения, допустимую погрешность, класс точности, инерционность - постоянную времени, устойчивость к влиянию физических параметров, контролируемой и

окружающей среды (температуры, влажности) на нормальную работу датчика.

Важно учесть устойчивость датчика к разрушающим воздействиям контролируемой и окружающей среды (химические воздействия, абразивные свойства), расстояние, на которое должна быть передана информация, недопустимость наличия в месте установки датчика вибраций, магнитных и электрических полей, радиоактивных излучений и других факторов, которые могут нарушить нормальное функционирование датчика, возможность применения датчика с точки зрения требований пожаро и взрывоопасности.

По типу выходного сигнала самым распространенным аналоговым выходным сигналом для датчиков является унифицированный токовый сигнал 4 - 20 мА. Практически всегда 4 мА соответствуют нижнему значению диапазона измерений, а 20 мА – верхнему. Также в промышленности встречаются датчики с другими типами аналогового выходного сигнала 0 - 1 В, 0 - 10 В, 0 - 20 мА, 0 – 5 мА, 0 - 5 В.

В последние годы происходит переход на «интеллектуальное» полевое оборудование с поддержкой HART протоколов и полевых шин Fieldbus.

### **3. Принципиальные схемы контроля и управления**

*Принципиальная схема предназначена для отображения состава элементов и связей между ними* и дает представление о работе системы во всех режимах управления. В зависимости от *физической природы сигналов* контроля и управления разрабатывают *электрические, пневматические и гидравлические* принципиальные схемы.

Принципиальные схемы выполняются без соблюдения масштаба. Приборы, за исключением исполнительных механизмов и регулирующих органов, изображающихся по ГОСТ 21.404-85, на схемах показывают упрощенно в виде прямоугольников. Внутри

прямоугольника располагается буквенно-цифровое обозначение прибора, соответствующее его функциональному назначению и порядковому номеру и совпадающее с позиционным обозначением средств автоматизации на функциональной схеме автоматизации. Графическое обозначение приборов и линий связи выполняется линиями одинаковой толщины.

На принципиальных электрических схемах все элементы и устройства, которые приводятся в действие механически, изображают в отключенном или нулевом положении. **Элементы и устройства на электрических принципиальных схемах изображаются в виде условных графических обозначений согласно стандарту ЕСКД [8].** Не допускается, чтобы расстояние от точки пересечения, разветвления или излома линий связи до контура элемента было меньше 3 мм, а расстояние между рядом расположенными элементами меньше 8 мм.

На **рис.6** представлен пример принципиальной электрической схемы, построенной на элементах релейной автоматики и предназначенной для управления клапаном **HV-10** (см. позицию **HSA-10** на функциональной схеме **рис.2**). Ключ выбора режима **10-SA1** позволяет управлять клапаном в ручном и автоматическом режимах. В ручном режиме управление производится кнопками **10-SB1** и **10-SB2**, в автоматическом режиме работой клапана управляет электроконтактный манометр **PISA-10** через промежуточное реле **10-K1**.

**На принципиальных схемах данные о технических средствах записывают в перечень элементов по ГОСТ 2.701-84 [9], который оформляется в виде таблицы (рис.6.)**





**Перечень элементов помещают либо непосредственно на листе схемы, либо в виде отдельного документа на листе формата А4 с основной надписью по форме 2 и 2а ГОСТ 2.104-68 [11]. При размещении перечня элементов непосредственно на листе схемы его располагают над основной надписью (штампом) на расстоянии не менее 12 мм от нее. Связь между условными графическими обозначениями и перечнем элементов осуществляется через позиционные обозначения.**

На **рис. 7** приведена принципиальная схема управления тем же клапаном, но реализованная на программируемом контроллере.

На схеме показано подключение электроконтактного манометра **PISA-10**, ключа выбора режима **10-SA**, кнопок управления **10-SB1** и **10-SB2**, конечных выключателей **SQ1**, **SQ2**, а также реле **10-K1** к модулям дискретных входов/выходов контроллера **DI/DO**.

Принципиальные схемы дополняются схемами внешних соединений, которые отражают расположение технических средств, тип и характеристику используемого кабеля, расположение и номера соединительных и разветвительных коробок.

На **рис. 8** и **рис.9** представлены схемы внешних соединений контура регулирования давления непоглощенных газов **PRC-1** и давления паровоздушной смеси. Преобразователь давления **PT-1** через соединительные коробки подключается к модулю аналоговых входов **AI** управляющего контроллера. Сигнал управления на регулирующий орган **PV-1** поступает с модуля выхода аналоговых сигналов через электропневматический преобразователь **PY-1**.

На **рис. 10** приведена схема управления массным насосом (см. **рис. 4, 5**, поз. 4, 9) на элементах релейной автоматики. Управление насосом может выполняться оператором процесса как

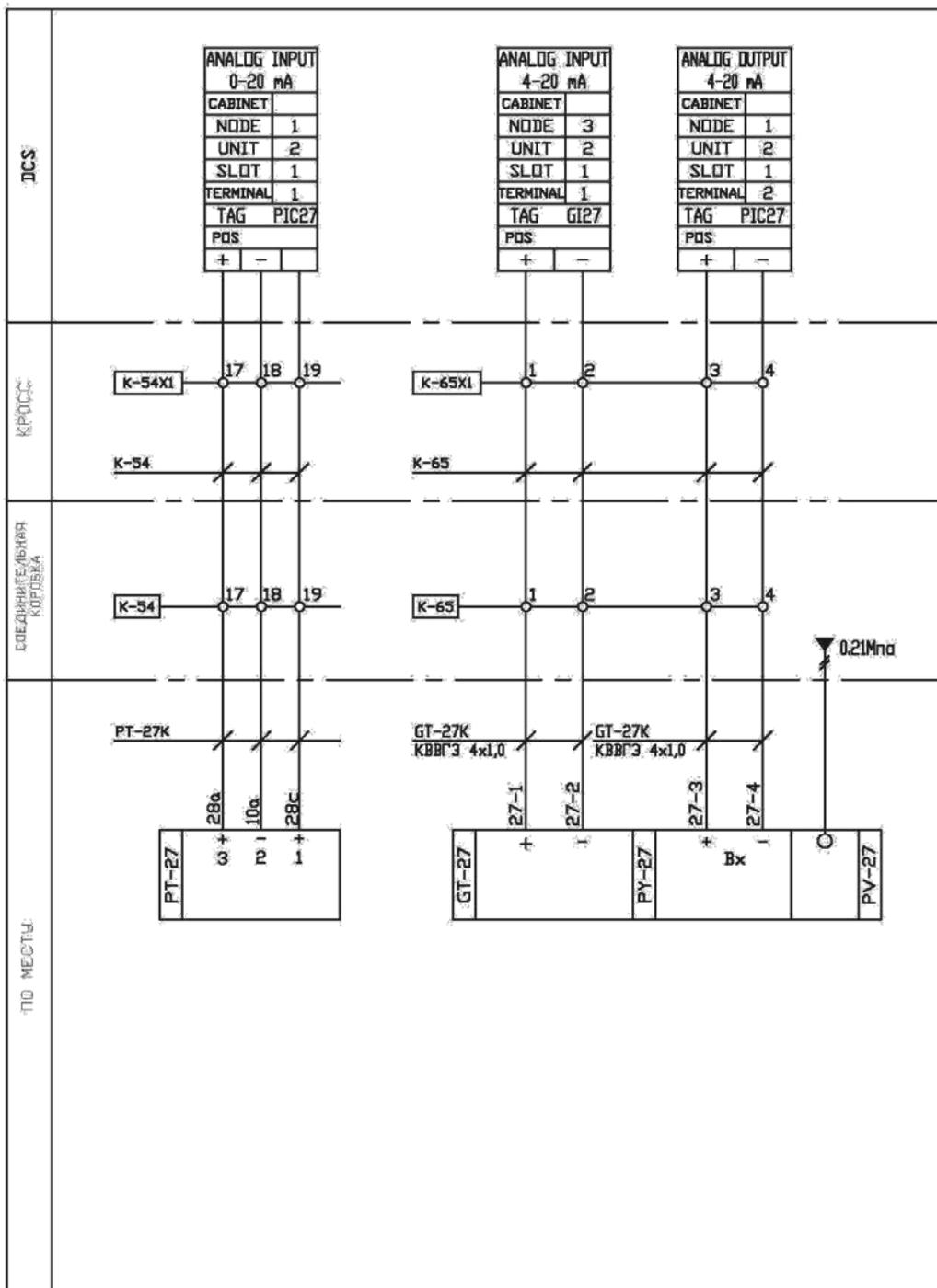


Рис.8. Схема внешних соединений контура

Поз. обознач.	Наименование	Кол.	Примечание
	По месту		
РТ-27	Трансмиттер давления	1	Существующий
	Предел измерения от минус 5 до плюс 3 кгс/см <sup>2</sup>		
	Выходной сигнал от 0 до 20 мА		
	DIFF-EL 140		
РУ-27	Электропневматический позиционер	1	
	Диапазон командного сигнала от 4 до 20 мА		
	NE724S		
ГТ-27	Бесконтактный датчик положения	1	
	Сигнал на выходе от 4 до 20 мА		
	2-х проводное соединение		
	NT7212		
РВ-27	Исполнительный механизм	1	Существующий
	АСУ10-NP411		

ИИТСУ-КП-2019.АТХ						
Содорегенерационный котел						
Изм.	Колыч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата	
						Давление паро-воздушной смеси из растворителя. РИС-27
						СТАДИЯ
						ЛИСТ
						ЛИСТОВ
Утвердил						Р
Проверил						1
Контроль						1
Разработал						СПбГУПТД
						Схема электрическая принципиальная

регулирования давления паровоздушной смеси

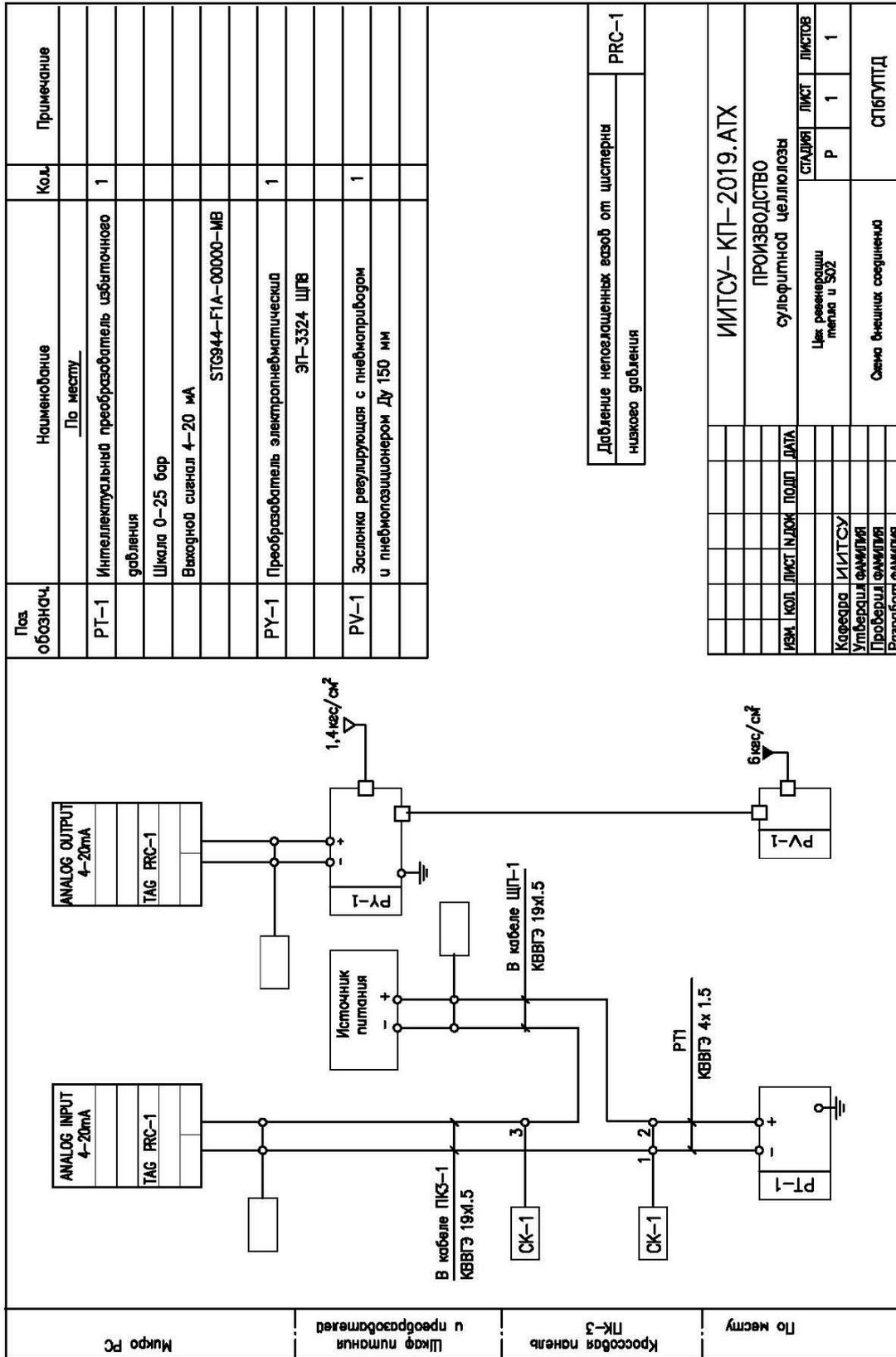


Рис.9. Схема внешних соединений контура регулирования давления



дистанционно, так и по месту в зависимости от положения переключателя режимов SA1. Пуск насоса осуществляется кнопками SB1, SB3, останов - кнопками SB2, SB4. При нажатии кнопки "Пуск" открывается клапан К1 с электромагнитным приводом, установленный на линии подачи масла в подшипники массного насоса. Когда давление масла в подшипниках достигнет установленной величины, срабатывает реле давления SP. Для включения двигателя насоса контактором KM1 необходимо, чтобы уровень массы в бассейне был не ниже установленного; в схеме на **рис. 10** используется реле уровня SL.

На схеме **рис. 11** управление массным насосом реализовано на программируемом контроллере. Переключение режимов и управление насосом в дистанционном режиме осуществляет оператор процесса с операторской станции. Сигналы поступают в контроллер по внутрисистемной связи.

#### **4. Общие правила оформления схем**

Схемы выполняются на листах любого стандартного формата: А4 (210x297); А3 (297x420); А2 (420x594); А1 (594x840). Выбранный формат должен обеспечивать компактное, наглядное и удобное для пользования выполнение схемы.

Линии на схемах всех типов выполняются в соответствии с правилами, установленными ГОСТ 2.701-84 и ГОСТ 2.721-74 [10,11].

Толщины линий выбирают в зависимости от формата схемы и размеров условных графических обозначений. На одной схеме рекомендуется применять не более трех типоразмеров линий по толщине: тонкую  $b$ , утолщенную  $2b$  и толстую  $3b...4b$ , где  $b$  - толщина линии, которая выбирается в зависимости от размеров схемы. Толщину линий выбирают в пределах от 0,2 до 1 мм и выдерживают постоянной во

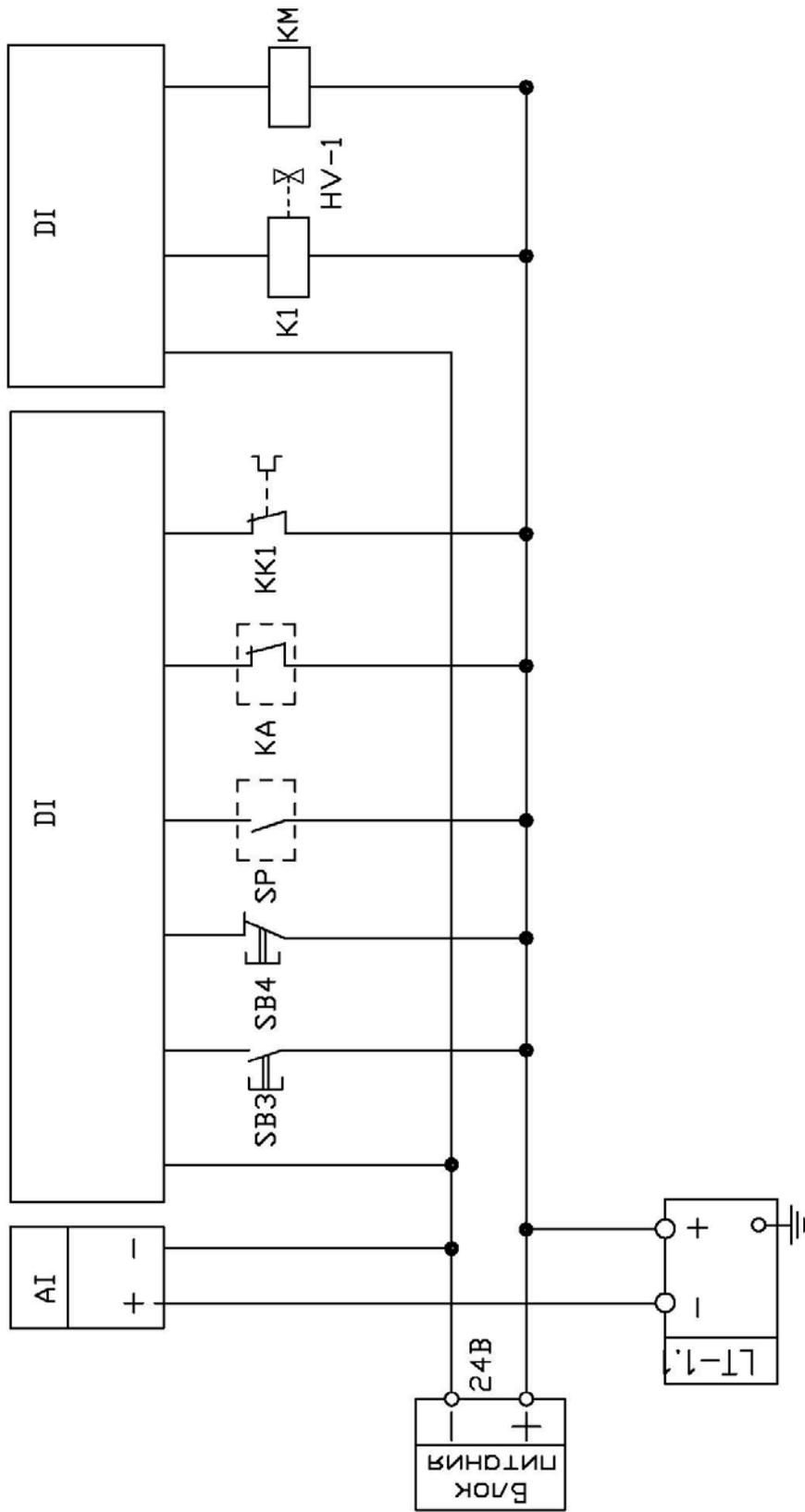


Рис.11. Принципиальная схема управления массным насосом реализованная на контроллере

всем комплекте схем. Графические обозначения элементов и линий связи выполняют линиями одинаковой толщины. Рекомендуется использовать линии следующей толщины [12]:

- контуры оборудования (технологические схемы) 0,2-0,5 мм;
- трубопроводные коммуникации 0,5-1,5 мм;
- графические обозначения приборов и средств автоматизации 0,5-0,6 мм;
- соединительные линии и горизонтальная черта внутри обозначения прибора (окружности) 0,2-0,3 мм;
- линии выносок 0,2-0,3 мм.

Для надписей и цифр рекомендуется использовать следующие размеры стандартного шрифта:

- для позиционных обозначений комплектов средств автоматизации - цифры и прописные буквы латинского алфавита 3,5 мм;
- для пояснительного текста и надписей - 3,5-5,0 мм.

В надписях и текстах применяют только общепринятые сокращения слов. В тексте не допускается сокращение обозначения единиц физических величин, если они употребляются без цифр, за исключением единиц физических величин в заголовках таблиц. Единица физической величины одного и того же параметра в пределах документа должна быть постоянной.

## Библиографический список

1. ISO 3511-1. Функции измерения и регулирования производственных процессов и контрольно-измерительные приборы. Условные обозначения. Часть 1. Основные требования. - М.: Издательство стандартов, 1981. - 10 с.
2. ISO 3511-2. Функции измерения и регулирования производственных процессов и контрольно-измерительные приборы. Условные обозначения. Часть 2. Дополнения к основным требованиям.- М.: Издательство стандартов, 1984.- 8 с.
3. ISO 3511-3. Функции измерения и регулирования производственных процессов и контрольно-измерительные приборы. Условные обозначения. Часть 3. Подробные обозначения для схем соединения приборов.- М.: Издательство стандартов, 1984.- 19 с.
4. ISO 3511-4. Функции измерения и регулирования производственных процессов и контрольно-измерительные приборы. Условные обозначения. Часть 4. Основные символы для функций вычислительных машин, управляющих производством, интерфейса и совместно используемых функций дисплея.- М.: Издательство стандартов, 1985.- 8 с.
5. ГОСТ 21.208—2013 Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах.- М.: Стандартинформ, 2015.- 32 с.
6. ГОСТ 21.404-85. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах.- М.: Издательство стандартов, 1986.- 8 с.
7. Информационная технология. Комплекс стандартов и руководящих материалов на автоматизированные системы.- М.: Издательство стандартов, 1991.- 143 с.
8. S5.1 – Instrumentation Symbols and Identification. ANSI/ISA-84. 1992.- 65 pp.

9. Васильева Н.Г., Грачева. Разработка и оформление функциональных схем автоматизации: учеб. -метод. пособие / Кумертау, 2016. - 70 с.

10. ГОСТ 2.701-84 ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.

11. ГОСТ 2.721-74 ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения.

12. ГОСТ 2.104-68 ЕСКД. Основные надписи. ЕСКД. Основные положения.- М.: Издательство стандартов, 1995.- 371 с.

## П р и л о ж е н и е

### Буквенные условные обозначения функций автоматизации по ГОСТ 21.404-85

Обозначение	Измеряемая величина		Функциональный признак прибора		
	основное значение первой буквы	дополнительное обозначение, уточняющее значение первой буквы	отображение информации	формирование выходного сигнала	дополнительное значение
1	2	3	4	5	6
А			Сигнализация		
В	Резервная буква				
С				Автоматическое регулирование	
Д	Плотность	Разность, перепад			
Е	Электрическая величина				
F	Расход	Соотношение, дробь, доля			
G	Размер, положение, перемещение				

Продолжение Приложения

1	2	3	4	5	6
Н	Ручное воздействие				Верхний предел измеряемой величины
I			Показание		
J		Автоматическое переключение			
К	Время, временная программа				Станция управления
L	Уровень				Нижний предел измеряемой величины
М	Влажность				
N	Резервная буква				
О	Резервная буква				
Р	Давление, вакуум				
Q	Величина, характеризующая качество: состав, концентрация	Интегрирование, суммирование по времени			

Окончание Приложения

1	2	3	4	5	6
	Радиоак- тивность		Регистра- ция		
S	Скорость, частота			Включение отключение, переключе- ние, блоки- ровка	
T	Темпера- тура				
U	Несколь- ко разно- родных измеряе- мых ве- личин				
V	Вязкость				
W	Масса				

**Дополнительные буквенные обозначения по ГОСТ  
21.404-85**

Наименование	Обозначе- ние
Первичное преобразование (чувствительный элемент)	E
Промежуточное преобразование (дистанционная пе- редача)	T
Преобразование, вычислительные функции	Y

## Содержание

Введение. . . . .	3
1. Функциональные схемы автоматизации (ФСА) технологических процессов. . . . .	6
1.1. Назначение функциональных схем автоматизации. . . . .	6
1.2. Изображение технологического оборудования и коммуникаций на технологических схемах . . . . .	6
1.3. Разработка функциональной схемы автоматизации по ГОСТ 21.208-2013. . . . .	7
1.4. Разработка функциональной схемы автоматизации по стандарту S5.1 . . . . .	18
1.5. Общие принципы разработки ФСА. . . . .	34
1.6. Примеры функциональных схем автоматизации. . . . .	36
1.6.1. Автоматизация процесса приготовления варочной кислоты в производстве сульфитной целлюлозы . . . . .	36
1.6.2. Автоматизация процесса промывки небеленой целлюлозы на вакуум-фильтрах . . . . .	38
1.6.3. Автоматизация процесса приготовления композиции бумажной массы. . . . .	41
2. Структура и назначение заказной спецификации. . . . .	46
3. Принципиальные схемы контроля и управления . . . . .	51
4. Общие правила оформления схем. . . . .	60
Библиографический список. . . . .	63
Приложение . . . . .	65