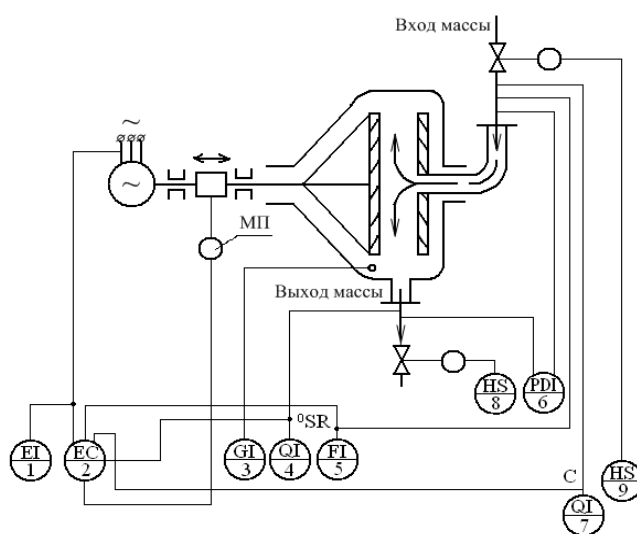


Г.П. Буйлов

АВТОМАТИКА И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА

**Учебно-методическое пособие
по курсовому проектированию**



**Санкт-Петербург
2019**

**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

Г.П. БУЙЛОВ

**АВТОМАТИКА И АВТОМАТИЗАЦИЯ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ
ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**Учебно-методическое пособие
по курсовому проектированию**

**Санкт-Петербург
2019**

УДК 676-5 (075)
ББК 35.77я7
Б 905

Буйлов Г.П.

Автоматика и автоматизация производственных процессов целлюлозно-бумажного производства: учебно-методическое пособие по курсовому проектированию/ ВШТЭ СПбГУПТД.- СПб., 2019.- 100 с.: ил.32, табл.2. ISBN 978-5-91646-176-3

В учебно-методическом пособии изложены цели и содержание курсовой работы, некоторые материалы, необходимые для выполнения разделов работы, приведены справочные материалы и пример выполнения курсовой работы.

Учебно-методическое пособие предназначено студентам направления подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» профиля подготовки «Машины и оборудование лесного комплекса» для выполнения курсовой работы по дисциплине «Автоматика и автоматизация производственных процессов целлюлозно-бумажного производства» (А и АПП ЦБП).

Рецензенты:

технический директор ЗАО «Харрис Групп Интернейшнл» Криман Б.И;
заместитель генерального директора ООО «ПТФ «Консис» Васильев Д.В.

Подготовлено и рекомендовано к печати кафедрой автоматизации технологических процессов и производств Института энергетики и автоматизации Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД (протокол № 4 от 18.04. 2019 г.).

Утверждено к изданию методической комиссией Института энергетики и автоматизации Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД (протокол № 8 от 18.04. 2019 г.).

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом Высшей школы технологии и энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна в качестве учебно-методического пособия.

ISBN 978-5-91646-176-3

© Высшая школа технологии
и энергетики Санкт-Петербургского
государственного университета
промышленных технологий
и дизайна, 2019

© Буйлов Г.П., 2019

ВВЕДЕНИЕ

Курсовая работа является заключительным этапом в изучении дисциплины «Автоматика и автоматизация производственных процессов целлюлозно-бумажного производства» (А и АПП ЦБП).

Ее целью является закрепление знаний по проектированию и технико-экономическому обоснованию современных систем автоматизации оборудования ЦБП, по выбору средств автоматического измерения, исполнительных устройств и программно-технических комплексов (ПТК).

В настоящем учебно-методическом пособии рассматриваются структура курсовой работы и ее содержание, приводятся справочные материалы и примеры выполнения курсовой работы.

СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа представляется в виде пояснительной записки объемом 10-15 листов отпечатанного текста и графической части, содержащая следующие обязательные элементы: функциональная схема автоматизации оборудования на базе программно-технического комплекса (ПТК), спецификация на выбранные технические средства автоматизации, блок-схема связи ПТК с оборудованием, описание и назначение основных узлов ПТК. Графическая часть может быть выполнена на формате А3 или А4 и вложена в пояснительную записку в качестве приложения.

Работа выполняется индивидуально с использованием компьютера и оргтехники.

Курсовая работа содержит следующие разделы.

Введение

Здесь необходимо дать общую характеристику разрабатываемой системы автоматизации и достигаемой в результате её реализации эффективности.

Описание объекта автоматизации

В этом разделе следует представить:

- технологическую схему и оборудование объекта;
- технологические параметры и их характеристику;
- технологический процесс с регламентом и режимной картой.

Для каждого параметра следует указать наименование, единицу измерения, диапазон изменения, рабочее значение параметра, способ измерения, периодичность контроля и точность измерения.

Обоснование необходимости автоматизации объекта

Здесь дается обоснование предлагаемой системы автоматизации по нижеследующим критериям:

- экономия тепловой и электрической энергии;
- экономия сырья и химикатов;
- повышение качества вырабатываемого или перерабатываемого продукта;
- повышение надежности работы оборудования.

Существующая система автоматизации объекта, ее преимущества и недостатки

В этом разделе нужно охарактеризовать существующую систему автоматизации и реализуемые функции:

- назначение и решаемые задачи;
- сбор технологической информации;
- первичное преобразование;
- технологическое регулирование;
- управление пневмо-, гидро- и электроприводами;
- защита и блокировка;
- диагностика, аварийная и предупредительная сигнализация;

- связь оператора с процессом посредством пультов, постов, панелей управления;
- представление оператору текущей и архивной информации о процессе;
- воздействие на процесс посредством операторской станции.

Следует также указать аппаратную базу системы автоматизации: локальные регуляторы и релейно-контактная аппаратура или программируемые контроллеры и операторские панели,

Разработка новой системы автоматизации объекта

В этом подразделе изображается функциональная схема предлагаемой системы автоматизации на базе локальной автоматики или ПТК по ГОСТ 21.208-2013 [7].

Выбираются измерительные преобразователи и технические средства автоматизации и записываются в таблицу «Спецификация на технические средства автоматизации» с указанием типа, модификации, технической характеристики и изготовителя.

При применении ПТК изображается блок-схема связи ПТК с измерительными преобразователями и исполнительными механизмами. Указываются назначение и функции основных модулей и блоков ПК.

Заключение

Основные результаты курсовой работы.

Библиографический список

Монографии, учебники, учебные пособия, методические указания, периодические издания, сборники трудов, патенты, рекламная, проектная и производственная документация, ресурсы интернета.

На все позиции библиографического списка должна быть ссылка в тексте пояснительной записки курсовой работы.

Графический материал

1. Технологическая схема объекта.
2. Функциональная схема автоматизации.
3. Блок-схема связи ПТК с объектом.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Автоматизация котла периодической варки сульфитной целлюлозы

Сульфитную целлюлозу варят в специальных варочных котлах, куда помещают подготовленную щепу и заливают ее варочной кислотой. Обычный варочный котел — периодически действующий аппарат, обогреваемый острым, иногда глухим паром. Объем варочных котлов, наиболее распространенных в настоящее время, составляет 200, 280, 320 м³.

Параметры процесса периодической варки сульфитной целлюлозы:

1. Температура в котле — 115 °С (на этапе заваривания).
2. Температура в котле — 170 °С (на этапе варки).
3. Давление в котле — 0,6 МПа.
4. Расход пара — 300 кг/2 т щепы.
5. Температура пара — 180 °С.
6. Влажность щепы — 25 %.
7. Емкость котла — 320 м³.
8. Расход щепы — 128 м³ щепы.

После загрузки котла щепой и пропарки, а чаще, совмещая с этими операциями, в котел насосом закачивают варочную кислоту. Закачка кислоты длится 20...30 мин. В зависимости от метода обогрева котел заливают кислотой полностью «под крышку» (непрямой обогрев) либо оставляют свободное пространство в 5... 10 м³, учитывая возможность размещения в котле конденсата пара (прямой обогрев).

Объем кислоты, заливаемой в котел, зависит от степени наполнения котла щепой. Кислота, следовательно, заполняет оставшееся свободное пространство. Если степень заполнения котла, например, 0,35 пл. м³/ м³, то объем кислоты, очевидно, составит 0,65 м³ на 1 м³ объема котла. Фактически объем кислоты в 1 м³ объема котла будет несколько больше, так как некоторая ее часть уже во время закачки успевает впитаться в древесину. Варка условно делится на два периода: заварку — подъем температуры от начальной 50...70 °С до 105...115 °С и пребывание на этой температуре — и собственно варку, охватывающую остальной период от подъема температуры до конечной (128...155 °С) до завершения варочного процесса.

Продолжительность заварки составляет от 2 до 6 ч и зависит главным образом от крепости кислоты, ее температуры и влажности щепы. В период заварки происходит пропитка щепы варочной кислотой и сульфонирование лигнина в твердой фазе. Более полному завершению этих процессов служит пребывание при температуре 105... 115 °С. Одновременно с ростом температуры в котле увеличивается и давление. Уже при достижении температуры 80...100 °С давление в котле за счет выделения из кислоты

свободного SO_2 и воздуха из древесины достигает предельно допустимого значения — 0,6...0,65 МПа.

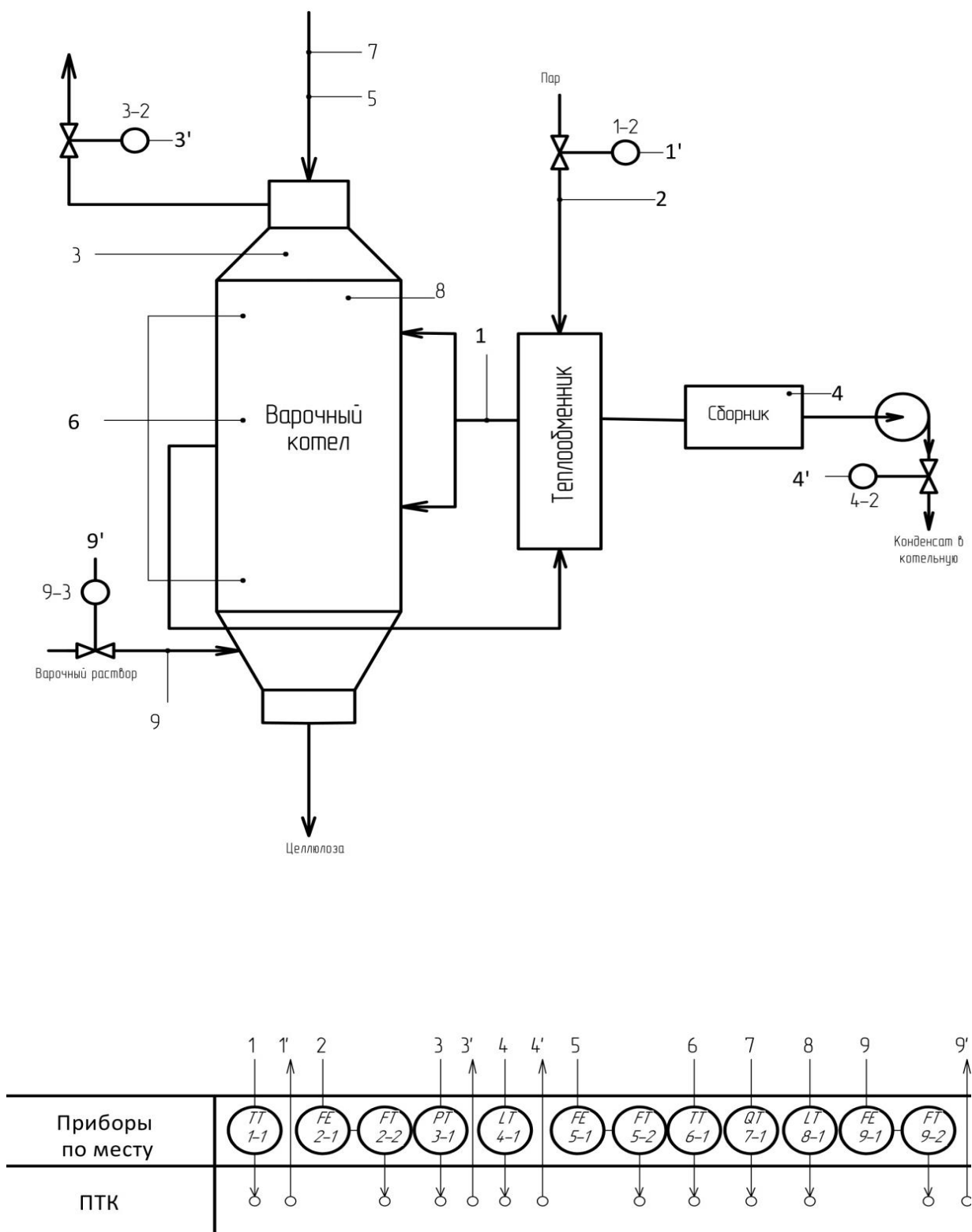


Рис.1. Функциональная схема автоматизации котла периодической варки сульфитной целлюлозы

Для дальнейшего подъема температуры необходимо проводить сдувку парогазовой смеси. С целью поддержания давления в котле на постоянном уровне наиболее целесообразно производить непрерывную сдувку. Сдуваемую парогазовую смесь направляют в систему регенерации SO_2 и тепла сдувок.

Для опорожнения котла давление в нем снижают до 0,15...0,3 МПа. Содержимое выпускают в закрытую ссезу или выдувной резервуар. Выдувка длится 10... 15 мин.

Функциональная схема автоматизации котла представлена на рис.1.

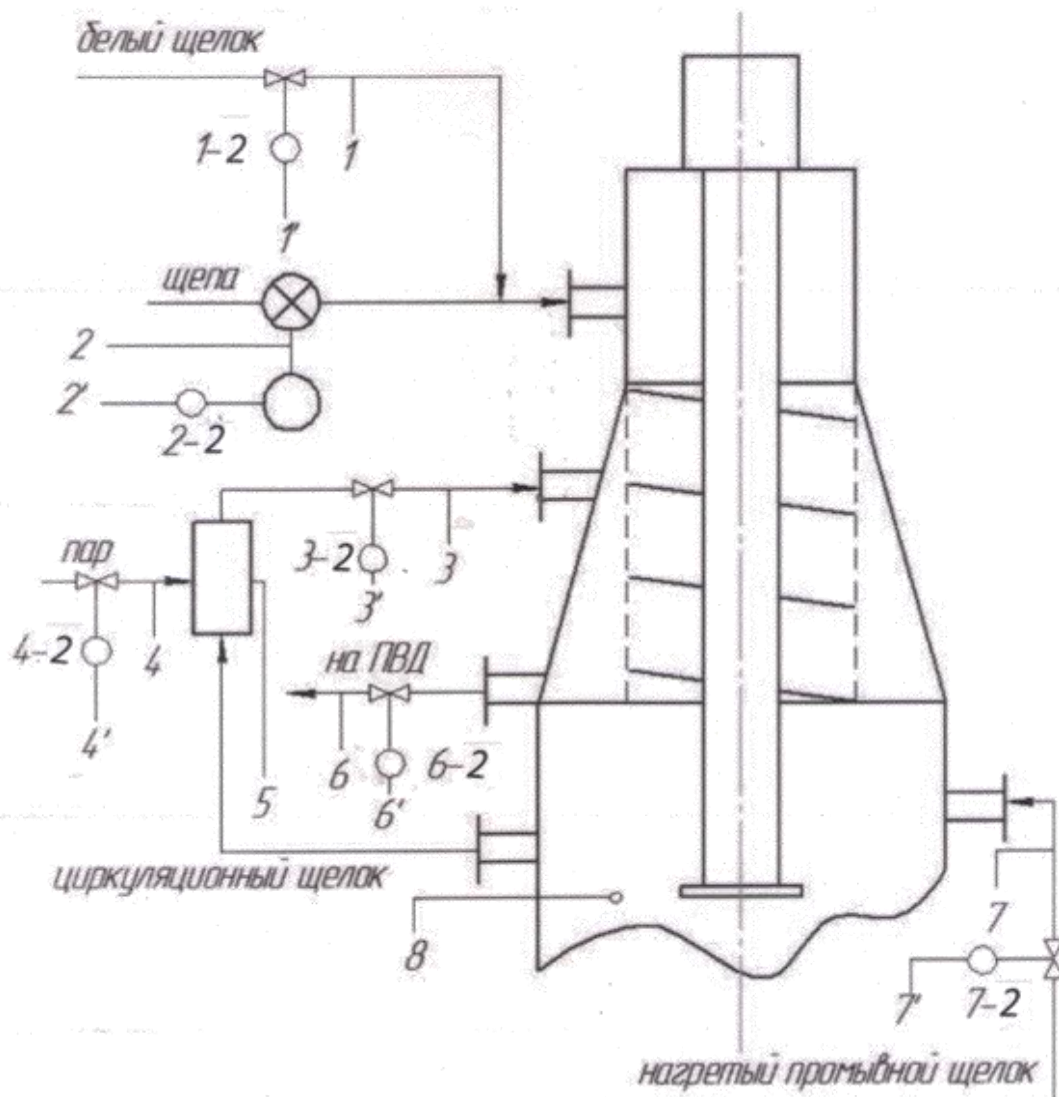
Система автоматизации включает следующие системы автоматического управления (САУ) и системы автоматического контроля (АСК) на базе ПТК:

1 – программная САУ температурой варочного раствора за теплообменником перед котлом, 2, 5 – соответственно АСК расходов пара и щепы, 3 – программная САУ давлением в котле, 4, 9 – соответственно САУ уровнем конденсата в сборнике и расходом варочного раствора, заливаемого в котел, 6, 7, 8 – соответственно АСК температуры в котле, влажности загружаемой щепы и уровня в котле [8].

Автоматизация загрузочного устройства установки «Камюр» для непрерывной варки сульфатной целлюлозы

Загрузочное устройство котла предназначено для отделения от щепы избыточного транспортирующего щелока и более равномерного распределения щепы по всему поперечному сечению котла. После отделения избыточного щелока суспензия из щепы и щелока поступает в котел с необходимым для варки гидромодулем, т.е. с необходимым соотношением сухих веществ и всей жидкости, которые загружаются в котел. Суспензия, поступающая из питателя высокого давления (ПВД) в загрузочное устройство котла, имеет гидромодуль примерно 1:30 (при меньшем гидромодуле суспензию невозможно переместить по трубопроводу). В котле после удаления избыточного щелока гидромодуль составляет от 1:3 до 1:4.

Загрузочное устройство состоит из цилиндрического сита, через отверстия которого фильтруется избыточный щелок. Внутри сита вращается шнек. Шнек наружной кромкой своей лопасти снимает слой щепы, образующийся на внутренней поверхности сита вследствие перепада давлений щелока внутри и снаружи сита, и тем самым поддерживает постоянство процесса фильтрации щелока через сито. Шнек состоит из пустотелого вала, к которому приварены лопасти из нержавеющей стали толщиной 8 мм. Нижний виток шнека имеет двойную толщину на случай, если давление в трубопроводе, подводящем щепу и щелок в загрузочное устройство котла, упадет и последний виток будет воспринимать нагрузку от давления в котле, а так же если уровень щепы в котле поднимется выше



	1	2	3	4	5	6	7	8	1'	2'	3'	4'	6'	7'
Приборы по месту	FT 1-1	ST 2-1	FT 3-1	FT 4-1	TT 5-1	FT 6-1	FT 7-1	LT 8-1						
ПТК	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

Рис.2. Функциональная схема автоматизации загрузочного устройства установки «Камюр»

допустимого и последний виток войдет в контакт со щепой, уже находящейся в котле.

Внутри вала шнека проходит другой вал с поперечным стержнем на нижнем конце. Этот вал является датчиком уровня щепы в котле.

Для нормальной работы зазор между ситом и шнеком должен быть не более 0,5 мм.

Привод шнека состоит из асинхронного двигателя и червячного редуктора, частота вращения шнека 30 об/мин.

Загрузочное устройство котла установки производительностью 450 т/сут при двухпоточной системе питания котла щепой имеет следующие параметры:

Диаметр шнека, мм..... 1050

Длина шнека, мм 1400

Частота вращения ,об/мин 30

Мощность электродвигателя, кВт..... 14.

Технологические параметры:

Расход белого щелока – 700-1000 м³/ч.

Скорость шнека ПВД – 3-6 об/мин.

Расход подогретого щелока – 400-700 м³/ч.

Расход греющего пара – 600- 900 м³/ч.

Температура подогретого щелока –110-120 °С

Расход избыточного щелока – 800-1100 м³/ч.

Расход промывного щелока –300-500 м³/ч.

Функциональная схема автоматизации загрузочного устройства (рис.2) включает следующие системы: САУ расходом белого щелока (поз.1-1,1-2), скоростью шнека ПВД (поз.2-1,2-2), расходом подогретого щелока (поз. 3-1,3-2), расходом греющего пара (поз.4-1,4-2), расходом избыточного щелока (поз.6-1,6-2), расходом нагретого промывного щелока (поз.7-1,7-2), АСК температуры подогретого щелока (поз.5-1) и уровня в загрузочном устройстве (поз.8-1). САУ температурой подогретого щелока (на схеме не указана) является задающей для САУ расходом пара.

Автоматизация подготовки каустика в сульфат-целлюлозном цехе ЗАО «International Paper»

Объектом автоматизации является бак подготовки каустика. Крепкий белый щёлок концентрацией 250 г/л поступает в бак подготовки каустика объёмом 60 м³. Вода на разбавление также поступает в бак подготовки каустика. После наполнения бака подготовки каустика водой и белым щелоком с локального пульта управления производится запуск насоса АХ280 29К с электроприводом АИР80А2 для осуществления циркуляции раствора щёлока в баке для перемешивания и подготовки щелока.

Контроль и управление технологическим процессом осуществляется с локального пульта под управлением YOKOGAWA MX100/MW100 серии DAQMASTER.

Передача данных с нижнего уровня осуществляется посредством аналоговых токовых сигналов 4 – 20 мА.

Технологическая схема приготовления смеси каустика и воды представлена на рис. 3.

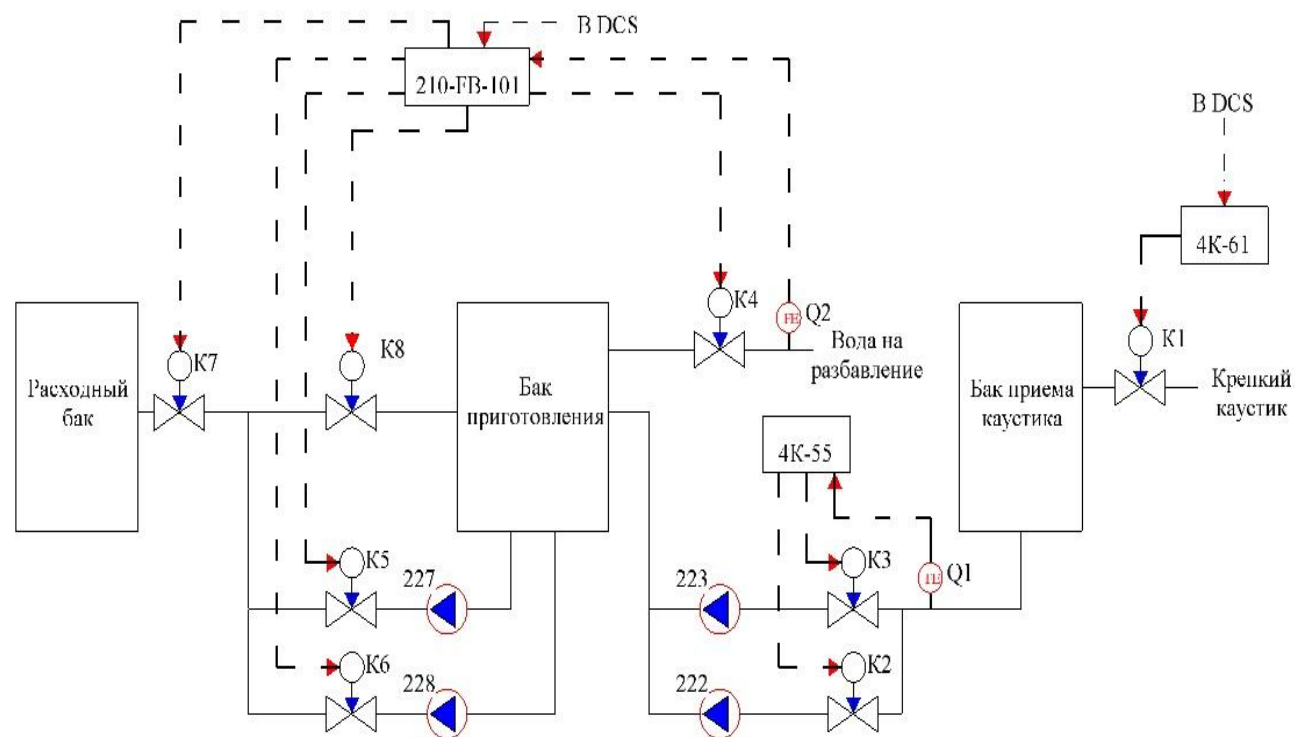


Рис. 3. Технологическая схема приготовления смеси каустика и воды

Схема (рис.3) содержит:

- расходный бак;
- бак приготовления;
- бак приёма каустика;
- клапаны K1 ... K8;
- насосные агрегаты 222; 223; 227; 228
- распределительные коробки РК:210-FB-101,4K-55,4K-61.

Согласно схеме по первой трубе диаметром 100 мм с помощью насосных агрегатов 222; 223 через клапаны K2; K3 подаётся каустик с плотностью $\rho_k = 1,219 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$, который поступает в бак приёма каустика, с выхода которого каустик с помощью насосных агрегатов 227 и 228 через клапаны K5, K6 по трубам диаметром 100 мм перекачивается в бак приготовления.

Подача каустика прекращается по достижении уровня каустика 1,5 м.

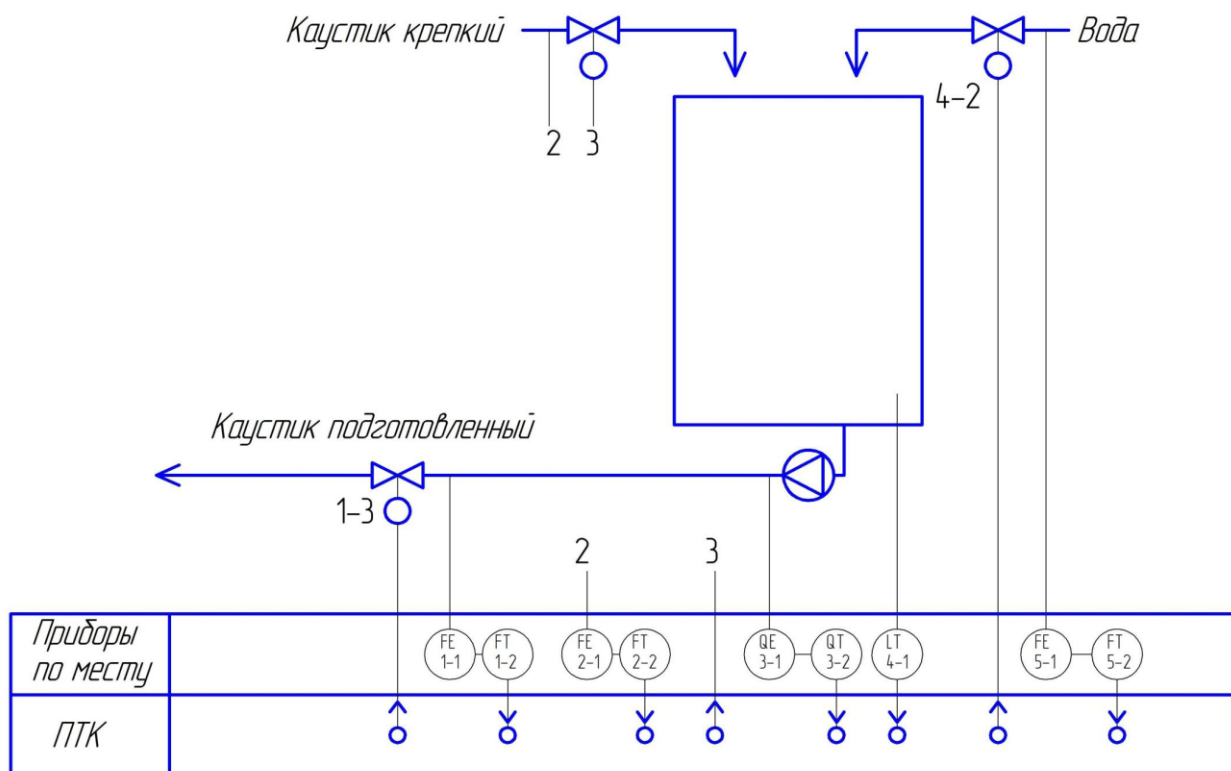


Рис. 4. Функциональная схема автоматизации бака приготовления смеси каустика с водой

В бак приготовления с помощью насоса через клапан К4 по трубе диаметром 100 мм поступает вода, где осуществляется её перемешивание с каустиком в пропорции 1:1.

Схема автоматизации приготовления каустика представлена на рис.4. Работа системы автоматизации приготовления каустика выполняется по следующему алгоритму.

1. Осуществляется открытие клапанов К2; К3 (поз.3).
2. Осуществляется запуск насосов 222; 223 подачи крепкого каустика из бака приема в бак приготовления каустика.
3. Осуществляется контроль заполнения бака каустиком при помощи датчика уровня (поз.4.1).
4. При достижении уровня крепкого каустика 1.3 м в баке приготовления каустика осуществляется отключение насосов 222; 223.
5. Осуществляется закрытие клапанов К2; К3.
6. Осуществляется открытие клапана подачи воды К4 (поз.4.2).
7. Осуществляется контроль заполнения бака приготовления каустика водой при помощи датчика уровня (поз.4.1).
8. При достижении уровня смеси каустика и воды 2,7 м в баке приготовления каустика осуществляется закрытие клапана К4.
9. Осуществляется открытие клапанов К5; К6; К7 (поз.1.3).
10. Осуществляется запуск насосов 227; 228 подачи подготовленного каустика в расходный бак..

Максимальные расходы воды и каустика на входе бака приготовления каустика соответственно равны $150 \text{ м}^3/\text{ч}$, концентрация подготовленного каустика на выходе бака 150 г/л .

АСК расходов крепкого каустика, подготовленного каустика и воды: соответственно поз.(1.1, 1.2); (2.1, 2.2); и (5.1, 5,2).

АСК концентрации подготовленного каустика – поз.3.1, 3.2.

Автоматизация цепного дефибрера

Одним из агрегатов, вырабатывающих древесную массу, качество которой (степень помола, фракционный состав, механические свойства и др.) оказывает большое влияние на процесс отлива и формирования бумажного полотна, является дефибрер. Функциональная схема автоматизации цепного дефибрера приведена на рис. 5.

Ведущая САУ - это САУ температурой древесной массы на выходе из зоны дефибрирования (поз.1). Зазор между поверхностью камня и шахтой дефибрера управляется воздействием на электродвигатель привода шахты дефибрера (поз.2). Управляющим воздействием в САУ электрической мощностью привода камня (поз.3) является скорость подачи древесины (окоренного баланса) к камню дефибрера. Схема автоматизации включает также следующие АСК: расхода (поз.4), давления (поз.5), температуры (поз.6) оборотной (спрысковой) воды, температуры массы в ванне (поз.7), концентрации древесной массы на выходе (поз.8) [1].

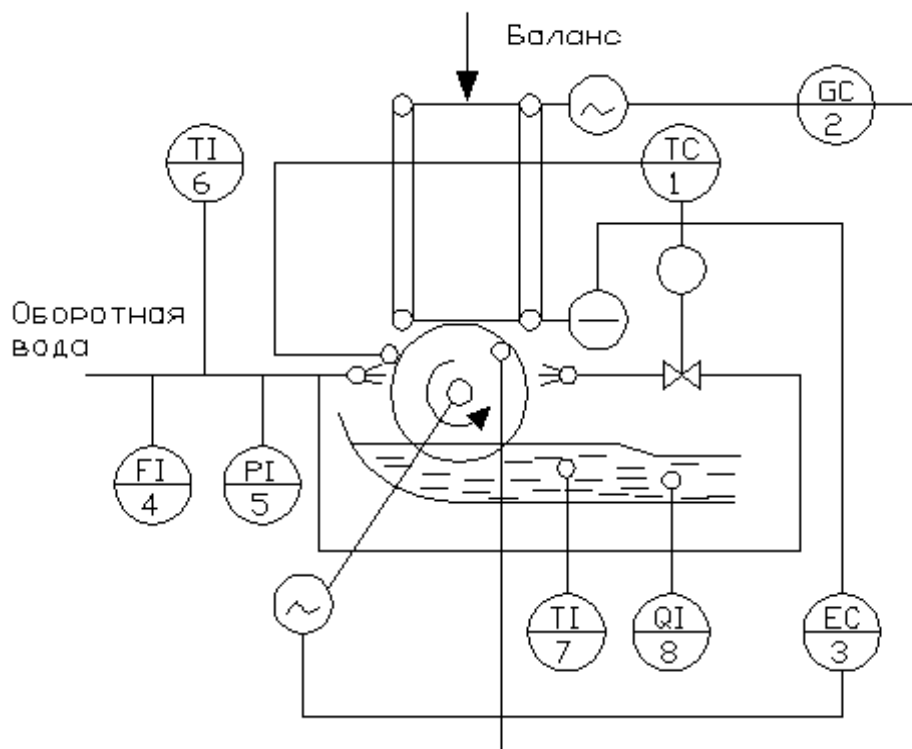


Рис. 5. Функциональная схема автоматизации цепного дефибрера

Автоматизация пропитки щепы в производстве ХММ

На ОАО «Сясьский ЦБК» существует производство химико-механической массы (ХММ) из осиновой щепы. ХММ – это химико-рафинерная механическая масса, получаемая путём обработки щепы химическими реагентами при температуре до 100 °С и последующего ее размола на рафинерах при атмосферном давлении.

Для пропитки осиновой щепы растворами NaOH и Na₂SO₃ применяется котёл типа "Bauer M&D", а для размола щепы рафинеры «Bauer – 488». Из бункера щепа загрузочным шнеком подаётся в пропиточный котел, в котором в течение 25-30 минут подвергается химической обработке при температуре 70-85 °С. В пропиточном котле предусмотрены рециркуляция пропиточного раствора, в трубопровод которого подаются свежие растворы NaOH, Na₂SO₃ и вода, а также его нагрев в паровом подогревателе.

Пропитка химикатами способствует более лёгкому разделению и расслаиванию волокон в процессе дальнейшего размола щепы на рафинерах, и в итоге снижается удельный расход электрической энергии (УРЭ) на размол.

На эффективность пропитки оказывают влияние свойства щепы, плотность древесины, размер щепы, состав пропиточного раствора, удельный расход химикатов, температура и продолжительность пропитки.

При увеличении плотности древесины и содержания крупной щепы эффективность пропитки снижается. При увеличении влажности щепы уменьшается объем пропиточного раствора, впитываемого щепой, и происходит разбавление пропиточного раствора внутри щепы.

Увеличение концентрации раствора NaOH (или удельного расхода NaOH по абсолютно сухому веществу) увеличивает объем раствора, впитываемого щепой.

С увеличением температуры уменьшается вязкость пропиточного раствора, увеличивается подвижность ионов и скорость диффузии, что приводит также к повышению объема раствора, впитываемого щепой.

Одним из конечных показателей эффективности пропитки щепы является УРЭ на первой ступени размола. Однако на УРЭ влияют также зазор между дисками рафинера, концентрация в зоне размола и состояние размалывающей гарнитуры.

Как показывают результаты обработки данных пассивного эксперимента на оборудовании пропитки и первой ступени размола, концентрация остаточной щелочности в линии рециркуляции пропиточного раствора может характеризовать УРЭ на первой ступени размола.

Так методом наименьших квадратов (МНК) для пассивного эксперимента были обработаны два массива данных УРЭ (Е) и концентрации остаточной щелочности в линии рециркуляции пропиточного раствора (С_р) и получены уравнения параболической регрессии [3]. В древесно-массном цехе ОАО «Сясьский ЦБК» существует система автоматизации

пропиточного котла, разработанная фирмой «Enso-Gutzeit» (Финляндия) (рис.6).

Здесь измеряется и регулируется уровень в пропиточном котле изменением расхода воды, поступающей в трубопровод пропиточного раствора, и изменением расхода рециркуляционного пропиточного раствора, поступающего в бак моносulfита (поз.1). Измеряется и регулируется температура пропиточного раствора за теплообменником изменением расхода пара (поз.2). Измеряются и регулируются расходы растворов едкого натра (поз.3) и моносulfита (поз.4), поступающих на пропитку. Измеряется и регулируется расход рециркуляционного пропиточного раствора (рециркулянта) (поз.5). Измеряются температура пропиточного раствора в нижней части котла (поз.6), температура рециркулянта (поз.7) и скорость загрузочного шнека (поз.9), автоматически управляется промывка сит (поз.8).

Промывка рециркуляционных сит осуществляется путем открывания и закрывания клапанов на линии рециркуляции пропиточного раствора в определенной последовательности [1,5,8].

Автоматизация размола щепы в производстве ХММ

После пропитки химикатами щепы подается шнековым транспортером на отжим в два параллельно установленные импрессфайнеры «Bauer-581». Далее щепы после небольшого увлажнения транспортируется на узел размола.

Первая ступень размола осуществляется одним-трем (в зависимости от производительности потока) двухдисковыми рафинерами «Bauer-488» при концентрации 20-30 %. Затем древесная масса поступает в промежуточный резервуар с «живым» дном емкостью 15 м³, из которого насосом подается на вторую ступень размола, включающую два параллельно работающих рафинера «Bauer-488». Здесь размол уже осуществляется при концентрации 14-20 %. Размольные диски рафинеров вращаются в противоположных направлениях с частотой 1500 об/мин. Каждый диск приводится от индивидуального электродвигателя мощностью 2,5 МВт.

Фирма «Enso-Gutzeit» предлагает следующую систему автоматизации рафинера «Bauer-488» (рис.7). Здесь предусмотрены САУ зазором между дисками 1, дистанционное управление скоростью винта-питателя 2, АСК мощности электропривода каждого размольного диска 4 и расхода воды, поступающей в зону размола рафинера 3.

Недостаток технологической схемы размола, и в частности рафинеров «Bauer-488», заключается в том, что подача щепы производится неравномерно, и загрузочный винт-питатель недостаточно загружен щепой. Скорость вращения загрузочного винта-питателя в этом случае не характеризует массовый расход щепы, и по этой причине рафинер не оснащен САУ УРЭ. Задание САУ зазором оператор устанавливает по показанию мощности электроприводов дисков рафинера и по результатам лабораторных анализов степени помола.

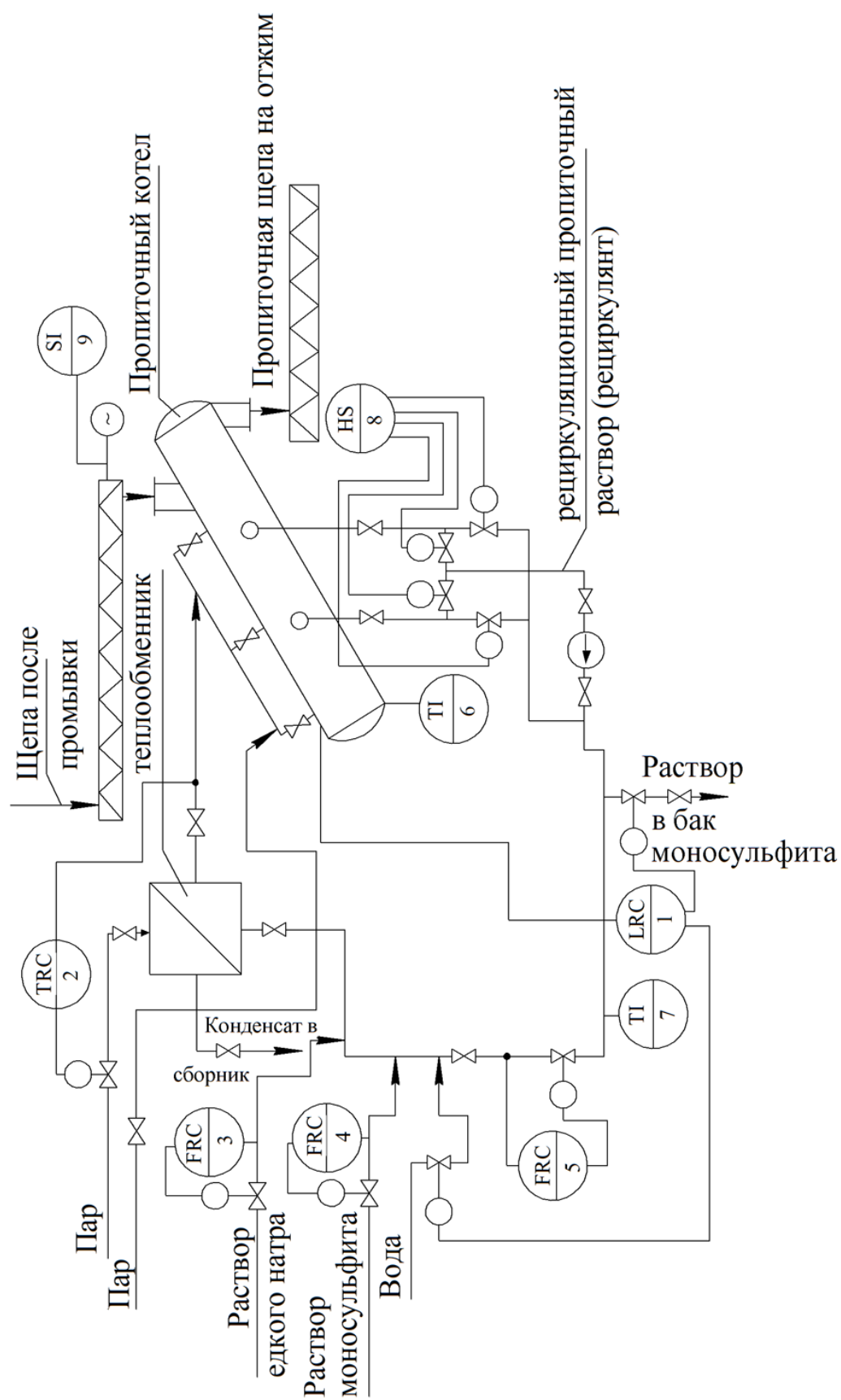


Рис.6. Функциональная схема автоматизации пропиточного котла

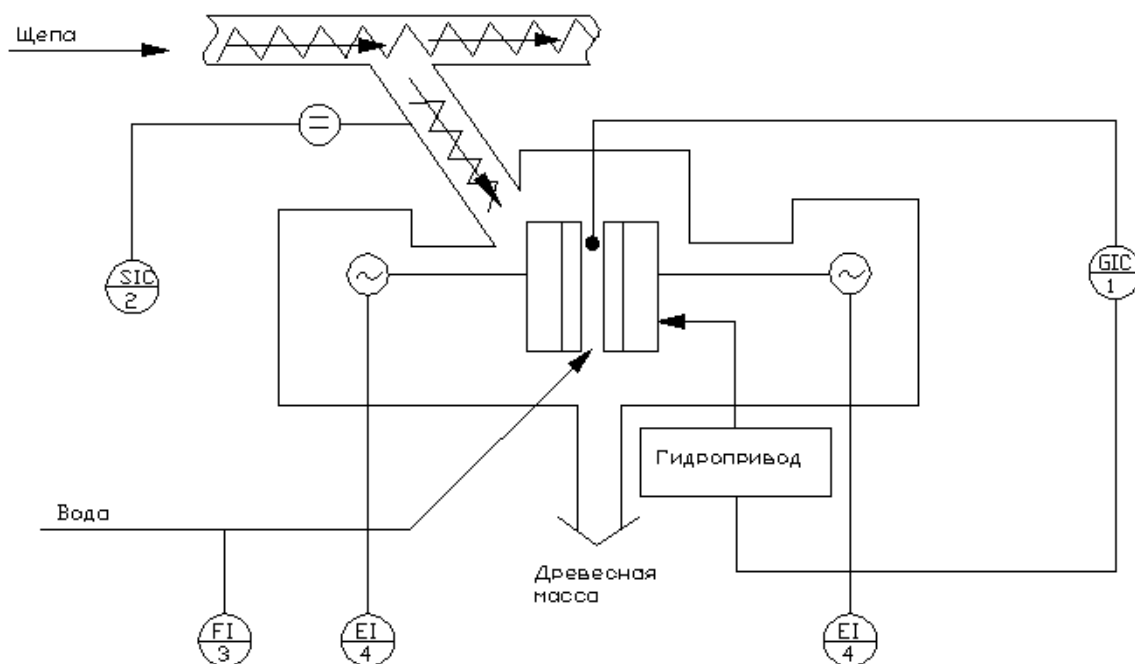


Рис. 7. Схема автоматизации размола щепы на рафинере «Bauer - 488» фирмы «Enso-Gutzeit»

В этих условиях особую значимость приобретает температура в послеразмольной камере рафинера, прямо зависящая от температуры размола и имеющая корреляцию с УРЭ. С технологической точки зрения важно и управление температурой размола. Размол при пониженной температуре приводит к значительной экономии электроэнергии, но при этом качество древесной массы ухудшается вследствие повышения жесткости волокон. С другой стороны, при повышении температуры размола увеличивается паровыделение, интенсифицирующее коррозию дисков рафинера [1].

Автоматизация пропитки щепы в производстве XTMM фирмы «Sunds Defibrator» на АО «Mondi СЛПК»

На установках по производству химико-термомеханической массы (XTMM) фирмы «Sunds Defibrator» (Швеция) ведущую роль для последующего размола играют узлы пропитки и термогидролитической обработки щепы.

Щепа из камеры пропарки промытой щепы с помощью разгрузочного шнека поступает в шнековый пробковый питатель «S-42», являющийся частью пропиточной камеры (импрегнатора) Prex. В шнековом пробковом питателе щепа сжимается, при этом из нее удаляется влага, воздух и значительная часть экстрактивных веществ. Щепа здесь обезвоживается до сухости 60 %. Далее щепа поступает в нижнюю часть импрегнатора, где она расширяется и впитывает химические реагенты подобно губке. Пропитка

осуществляется при атмосферном давлении пропиточным раствором с температурой 30°C, включающим сульфит натрия, гидроксид натрия и комплексообразователь. Затем щепа двумя вертикальными шнековыми транспортерами перемещается по всей высоте импрегнатора и горизонтальным шнековым транспортером подается в хранилище – устройство термогидролитической обработки объемом 36 м³. В этом устройстве продолжается пропитка щепы химическими реагентами при нагреве паром. Щепа в этом устройстве находится в течение 10-15 минут при температуре 80 ÷ 90°C. Время выдержки щепы зависит от уровня, который регулируется изменением скоростей вращения шнековых разгружающих транспортеров перед импрегнатором и после устройства термогидролитической обработки и шнекового пробкового питателя.

Фирма «Sunds-Defibrator» предлагает следующую систему автоматизации пропитки щепы (рис.8). Эта система предусматривает САУ удельными расходами растворов химикатов (поз.1,2,3), поступающих в импрегнатор, изменением их расходов, САУ уровнем пропиточного раствора в расходном баке (поз.4) изменением расхода воды, САУ уровнем

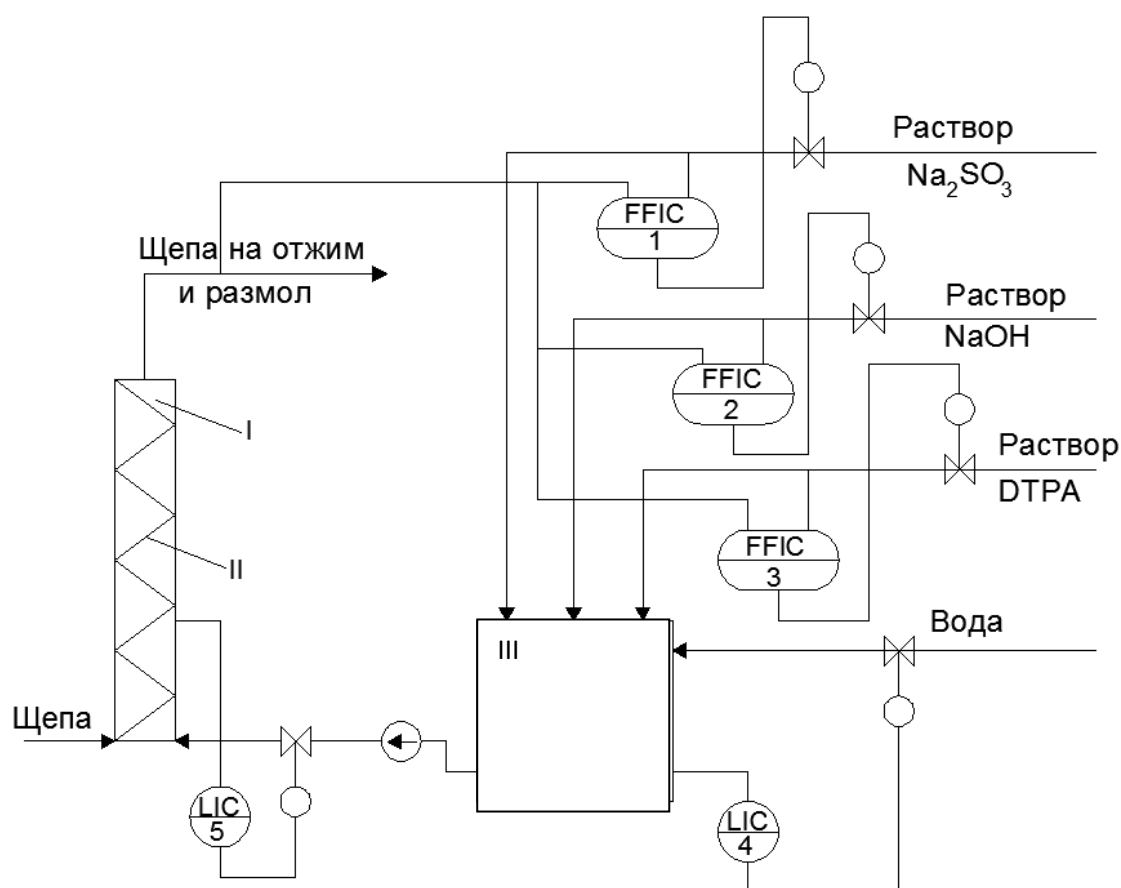


Рис. 8. Функциональная схема автоматизации пропитки щепы в производстве XTMM фирмы «Sunds-Defibrator»:

I – импрегнатор; II – шнек; III – расходный бак пропиточного раствора

в импрегнаторе (поз.5) изменением расхода поступающего пропиточного раствора из расходного бака. Система автоматизации частично выполняет

задачу управления степенью пропитки щепы, так как здесь в зависимости от влажности или плотности исходной щепы автоматически изменяется концентрация химикатов в пропиточном растворе. При уменьшении влажности или плотности щепы уровень в пропиточной камере снижается вследствие увеличивающейся адсорбирующей способности древесной щепы. Это вызывает увеличение расхода пропиточного раствора, но меньшей концентрации, вследствие наличия САУ уровнем в пропиточной камере и расходном баке пропиточного раствора. Однако эффективность этой системы может быть обеспечена лишь при небольшом объеме пропиточной камеры, где изменения уровня существенны при изменении физических свойств древесной щепы [1,5].

Автоматизация размола щепы в производстве XTMM фирмы «Sunds Defibrator» на АО «Mondi СЛПК»

Фирма «Sunds-Defibrator» предлагает следующую систему автоматизации рафинера «RG-60» на первой ступени размола (рис.9). Здесь предусмотрены АСК и САУ уровнем в пропарочной камере (поз. 7), АСК и дистанционное управление производительностью разгружающего винта пропарочной камеры (поз.6-1, 6-2), АСК мощности электропривода (поз.1), АСК реального зазора между дисками (поз.3), АСК производительности рафинера по скорости загружающего шнека винта-питателя (поз. 5-1) и дистанционное управление скоростью загружающего шнека винта-питателя (поз.5-2), САУ УРЭ на размол (поз.2), САУ расходом воды, поступающей в зону размола (поз.4), САУ давлением пара, поступающего в пропарочную камеру(поз. 9) и винт-питатель (поз.8).

При отключении САУ УРЭ на размол включается САУ зазором между дисками (поз.10). Коррекция по степени помола вводится вручную в САУ УРЭ или зазора [1,12].

Недостаток технологической схемы размола рафинеров «RG-60», заключается в том, что подача щепы производится неравномерно, и загрузочный винт-питатель 8 недостаточно загружен щепой. Скорость вращения загрузочного шнека винта питателя в этом случае не характеризует массовый расход щепы, и вследствие этого САУ УРЭ имеет большую погрешность.

В 1994 году на первой ступени размола установлены рафинеры «RGP-60S» с мощностью электродвигателя ротора 8,5 МВт производительностью 120 т/сут. В 2007 году модернизирована система автоматизации рафинера. Осуществлен перевод системы управления на программируемый логический контроллер (ПЛК) Simatic S7-300, установлены панель оператора Mitsubishi Electric, серия E1000, и операторская станция WinCC6,4. Установлена стационарная система вибромониторинга подшипниковых узлов ротора и главного электродвигателя. В механизме

присадки установлены пневматические компоненты фирмы «SMC», гидравлические компоненты фирм «ELETTA» и «EFECTOR» [12].

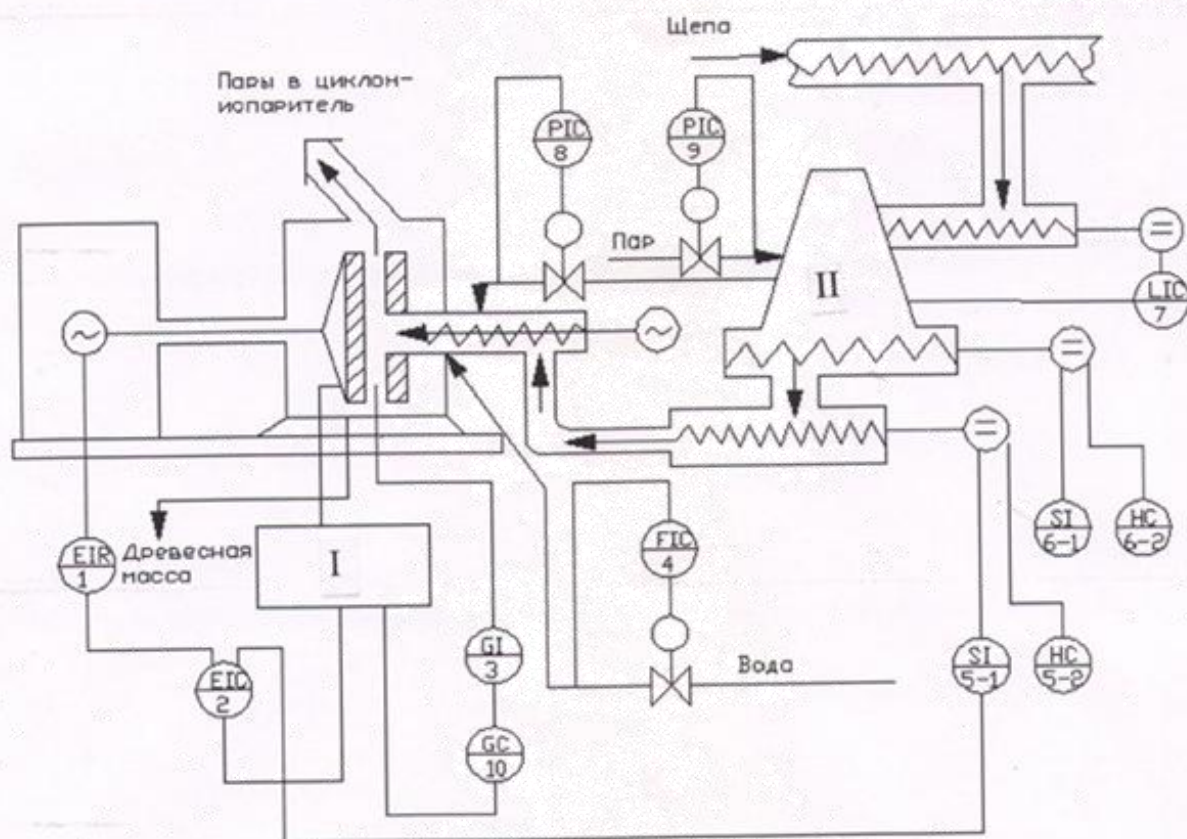


Рис. 9. Функциональная схема автоматизации размола щепы на рафинере «RG-60» фирмы «Sunds-Defibrator»: I – гидропривод; II – пропарочная камера

Автоматизация бункера пропарки щепы в производстве XTMM на ЗАО «International Paper»

Промытая и обезвоженная щепка после обезвоживающего шнека через желоб поступает в бункер пропарки щепы, в котором происходит удаление воздуха из щепы и нагрев до температуры, оптимальной для осуществления её пропитки химикатами.

Обработка щепы паром обеспечивает вытеснение воздуха из капиллярной системы древесной щепы, набухание древесины, приводит к переходу части лигнина и гемицеллюлоз в легкорастворимую форму. Таким образом, происходит подготовка древесины к воздействию химических реагентов.

Подготовленная таким образом щепка влажностью 65 % из бункера пропарки с помощью разгрузочного устройства разгрузочным шнеком подается в желоб подачи уплотняющего шнека пропиточной колонны (ПК).

Уровень щепы в бункере управляется САУ (поз.4) в пределах 75-85 % от общего объема бункера (рис. 10).

На САУ скоростью разгружающего шнека бункера предварительной пропарки перед промывкой поступает коррекция задания с выходов САУ скоростью разгружающего шнека (поз.3) и САУ уровня рассматриваемого бункера пропарки.

Пропарка щепы осуществляется в бункере пропарки щепы вторичным паром давлением 0,15 МПа. Управление расходом пара осуществляется соответствующей САУ (поз.1). В случае недостатка пара предусмотрена подпитка от магистрали вторичного пара давлением 0,2 МПа, в период пуска – от основной магистрали пара низкого давления 0,5 МПа. Нижний кольцевой трубопровод обеспечивает пропарку щепы от периферии к центру, а центральная труба – от центра к периферии. Такая схема позволяет равномерно пропаривать щепу в донной части бункера.

Температура щепы в нижней части бункера управляется САУ (поз.2) на уровне 90 °С. Пропаренная щепа выгружается из бункера разгрузочным устройством и разгрузочным шнеком. Скорость вращения шнека соответствует производительности производственного потока. Время пропарки щепы составляет 20-30 минут.

На САУ расходом пара поступает задание с выхода САУ температурой.

Паровоздушная смесь (выпар) из бункера пропарки через вентиляционную трубу выводится в атмосферу. Температура паровоздушной смеси (выпара) контролируется АСК (поз.5) [5,8].

Автоматизация пропиточной колонны с уплотняющим шнеком IPA-880 в производстве ХТММ на ЗАО «International Paper»

Щепа из бункера пропарки промытой щепы поступает в уплотняющий (пробкообразующий) шнек.

Уплотняющий шнек предназначен для уплотнения щепы в пробку на входе в пропиточную колонну. Для формирования плотной пробки щепы в расщепляющей трубе и предотвращения потери жидкости в пропиточной колонне уплотняющий шнек оснащен пневматическим устройством для создания противодействия.

Пневматическое устройство состоит из пневматического цилиндра с поршнем, на конце которого закреплен конус. При действии пневматического устройства происходит отжим и удаление из щепы через перфорацию уплотняющей горловины воды, в которой содержатся растворенные вещества, опилки.

Для смыва опилок в дренажный кожух уплотняющего шнека насосом из бака оборотной воды подается светлый фильтрат. Далее вода отводится к сепаратору отходов.

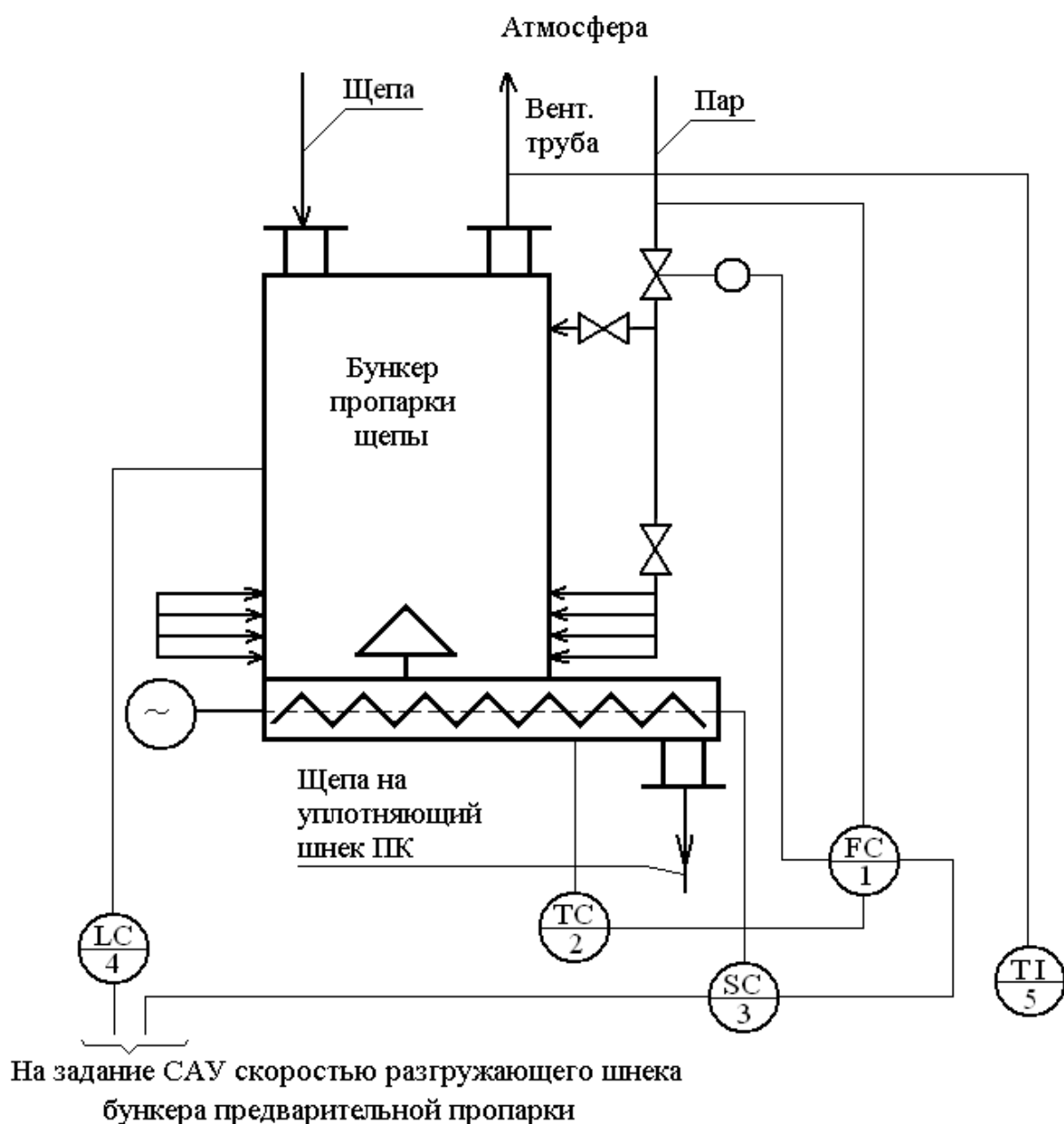


Рис.10. Функциональная схема автоматизации бункера пропарки щепы

Если плотная масса не сформирована, то есть остановилась подача щепы, устройство для создания противодействия автоматически давит конусом вперед и занимает то место в уплотняющей горловине шнека, которое не позволяет уходить воде и химикатам из колонны через шнек.

В уплотняющем шнеке щепа сжимается, при этом из неё удаляются влага, воздух и значительная часть экстрактивных веществ. Далее щепы влажностью 50 % поступает в нижнюю часть пропиточной колонны, где она расширяется и впитывает химические реагенты подобно губке. Затем щепы

двумя вертикальными шнеками с двусторонним вращением перемещается по всей высоте колонны, а затем горизонтальным шнеком подается в очередной бункер пропарки – устройство термогидролитической обработки. Здесь продолжается пропитка щепы химическими реагентами при нагреве паром.

Пропиточная колонна (ПК) предназначена для пропитки щепы химическими реагентами для получения размягчения, сульфирования лигнина при действии сульфита натрия, набуханию волокон при воздействии едкого натра. Пропитка способствует легкому разделению и расслаиванию волокон в процессе размол щепы на рафинерах. Равномерная обработка раствором химикатов обеспечивает минимальное содержание костры в массе.

Щепа пропитывается смесью растворов химикатов (сульфит натрия Na_2SO_3 , едкий натр (каустическая сода) – NaOH , хелатный реагент «Диссольвин Д-40-К») и воды.

Температура пропиточного раствора 30-35 °С. Скорость вращения вертикальных шнеков 25 об/мин. Заданное значение уровня в ПК составляет 30% от максимального уровня. Расход воды на пропитку ≈ 350 л/мин. Длительность пропитки при атмосферном давлении 1-2 мин.

Схема автоматизации (рис.11) включает следующие САУ и АСК: САУ уровнем в ПК (поз.7), САУ расходом химикатов (поз.10), САУ скоростью уплотняющего шнека (поз.2), АСК скорости вертикальных шнеков (поз.3,4), АСК активной мощности приводов вертикальных шнеков (поз.5,6), АСК расхода воды и температуры смеси, поступающих в ПК (поз.8,9), АСК активной мощности привода уплотняющего шнека (поз.1).

Уровень в ПК характеризует впитываемость щепы. При ухудшении впитываемости уровень увеличивается, что вызывает уменьшение расхода воды в ПК. В результате увеличивается концентрация поступающих химикатов, что способствует лучшему проникновению химикатов в щепу, т.е. повышению степени пропитки.

На САУ расходом химикатов и САУ скоростью уплотняющего шнека поступают корректирующие сигналы задания с выхода САУ скоростью разгружающего шнека бункера пропарки щепы [8].

Был проведен анализ статистических данных пропитки и первой ступени размола осиновой щепы с целью поиска интегрированного показателя пропитки, характеризующего удельный расход энергии на размол, и нахождения регрессионной зависимости между ними.

В качестве интегрированного показателя был принят следующий коэффициент пропитки α_n , зависящий от свойств и размеров щепы при существующей системе автоматизации пропиточной колонны:

$$\alpha_n = \frac{G_{\text{NaOH}} * 0,06 * \theta_x}{V_x + V_{\varepsilon}}, \quad \frac{\text{кг} * ^\circ\text{C}}{\text{л}}, \quad (1)$$

где G_{NaOH} - расход едкого натра, г/с;

V_x - расход раствора химикатов, л/мин;

V_{ε} - расход воды, л/мин;

θ_x - температура смеси раствора химикатов с водой, °С.

В результате обработки массива статистических данных методом наименьших квадратов (МНК) получено уравнение параболической регрессии

$$E = 0,0559 \cdot \alpha_n^2 - 0,3755 \cdot \alpha_n + 1,243, \quad (2)$$

где E – удельный расход энергии на размол щепы, МВт·ч/т всв.

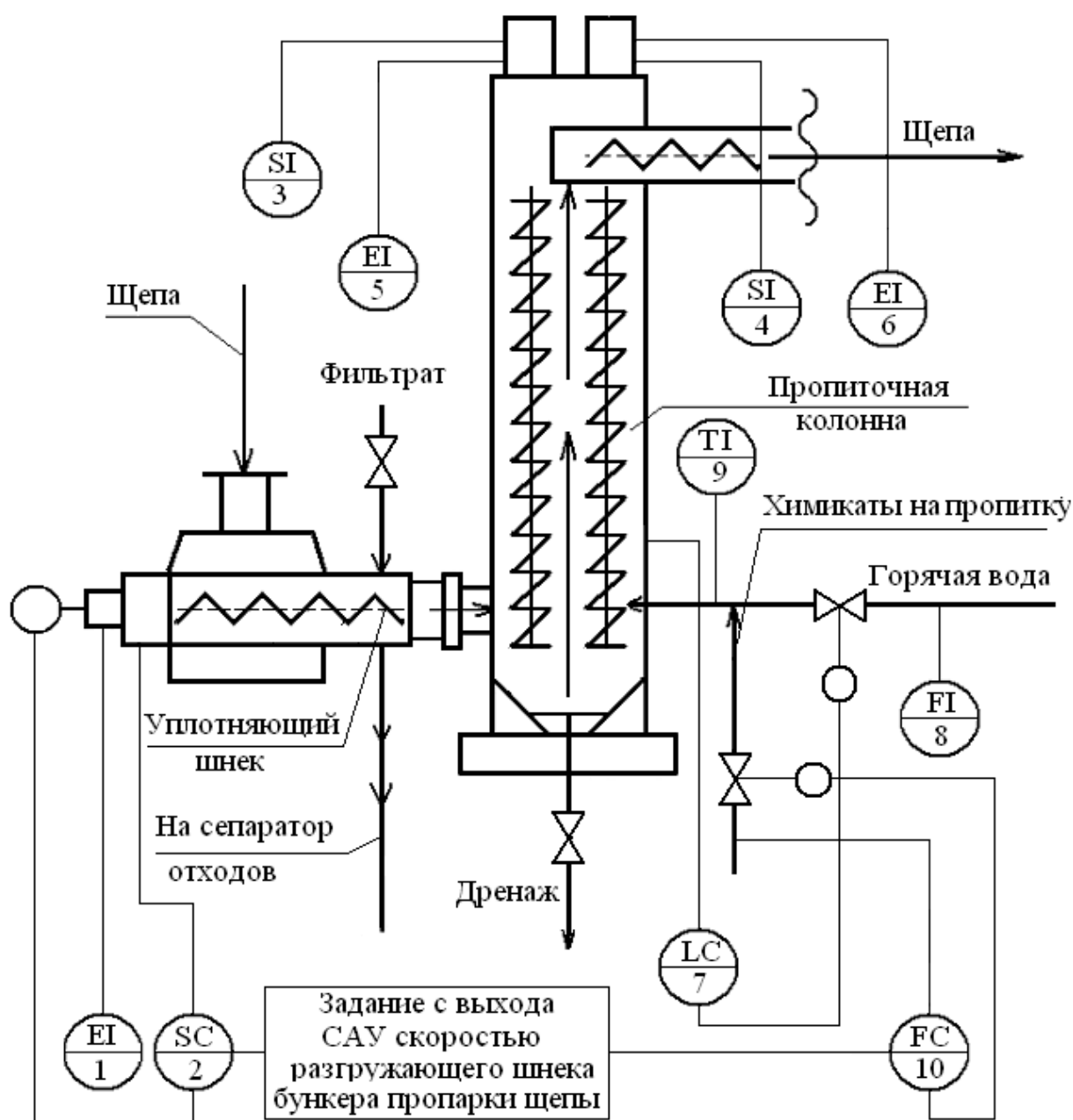


Рис.11.Функциональная схема автоматизации пропиточной колонны с уплотняющим шнеком

Эта зависимость может быть использована для оптимизации пропитки с целью минимизации энергозатрат на размол щепы в производстве ХТММ [5,6].

Автоматизация парогенератора теплорекуперационной установки в производстве ХТММ на АО «Волга»

Теплорекуперационная установка (ТРУ) предназначена для утилизации тепла пара, образующегося в процессе производства ХТММ. При пропарке и первоначальном запуске рафинеров образуется низкопотенциальный пар давлением 0,1 МПа, в процессе рафинирования образуется пар давлением 0,4 МПа. После рафинирования паромассовая смесь попадает в гидроциклон, где происходит сепарация пара. Однако, пар содержит химические примеси и взвешенные волокна и не может в прямом виде использоваться в дальнейшем производстве. Поэтому он подвергается терморекуперации. ТРУ включает парогенератор, подогреватель питательной воды (ПВ), оросительный конденсатор и насосы.

На ТРУ в результате рекуперации пара ХТММ образуется чистый пар давлением 0,34 МПа и подогревается обратная вода с температуры 35 °С до температуры 70 °С.

Парогенератор предназначен для конденсации основной части пара ХТММ, образующегося в рафинерах, и приготовления соответствующего количества чистого пара из питательной воды.

Парогенератор типа 3R фирмы «Rintekno» (Финляндия) в АО «Волга» представляет собой вертикальный теплообменник с подвижной головкой, оборудованной прямотрубным пучком. Нижняя часть корпуса теплообменника служит емкостью для питательной котловой воды. Свободное межтрубное пространство теплообменника заполнено чистым паром. Отбор чистого пара из теплообменника осуществляется через канальный сепаратор.

Пар ХТММ из напорных циклонов рафинеров поступает в нижнюю часть парогенератора. Циклонный эффект, создаваемый тангенциальным входом пара и низкая скорость входящего пара, позволяют эффективно очищать пар от остаточных волокон массы.

Из нижней части парогенератора пар поступает через центральную трубу в трубный пучок испарителя. В трубах пар конденсируется, отдавая тепло питательной воде, а конденсат стекает вниз в бак. Несконденсировавшиеся газы и пролетный пар ХТММ проходят через трубный пучок в верхнюю часть испарителя и далее в подогреватель питательной воды.

Испарение чистого пара происходит из падающей пленки питательной воды, стекающей по наружной поверхности труб. Стекающая пленка создается циркулирующей питательной водой из нижнего бассейна теплообменника к верхнему сопловому бассейну. Сопловой лист распределяет воду так, что образуется однородная стекающая пленка на

наружной поверхности труб. Сопловые бассейны расположены через два метра на трубном пучке для обеспечения равномерного распределения циркулирующей воды и предотвращения вибрации труб. Количество циркулирующей питательной воды в 15 раз больше количества

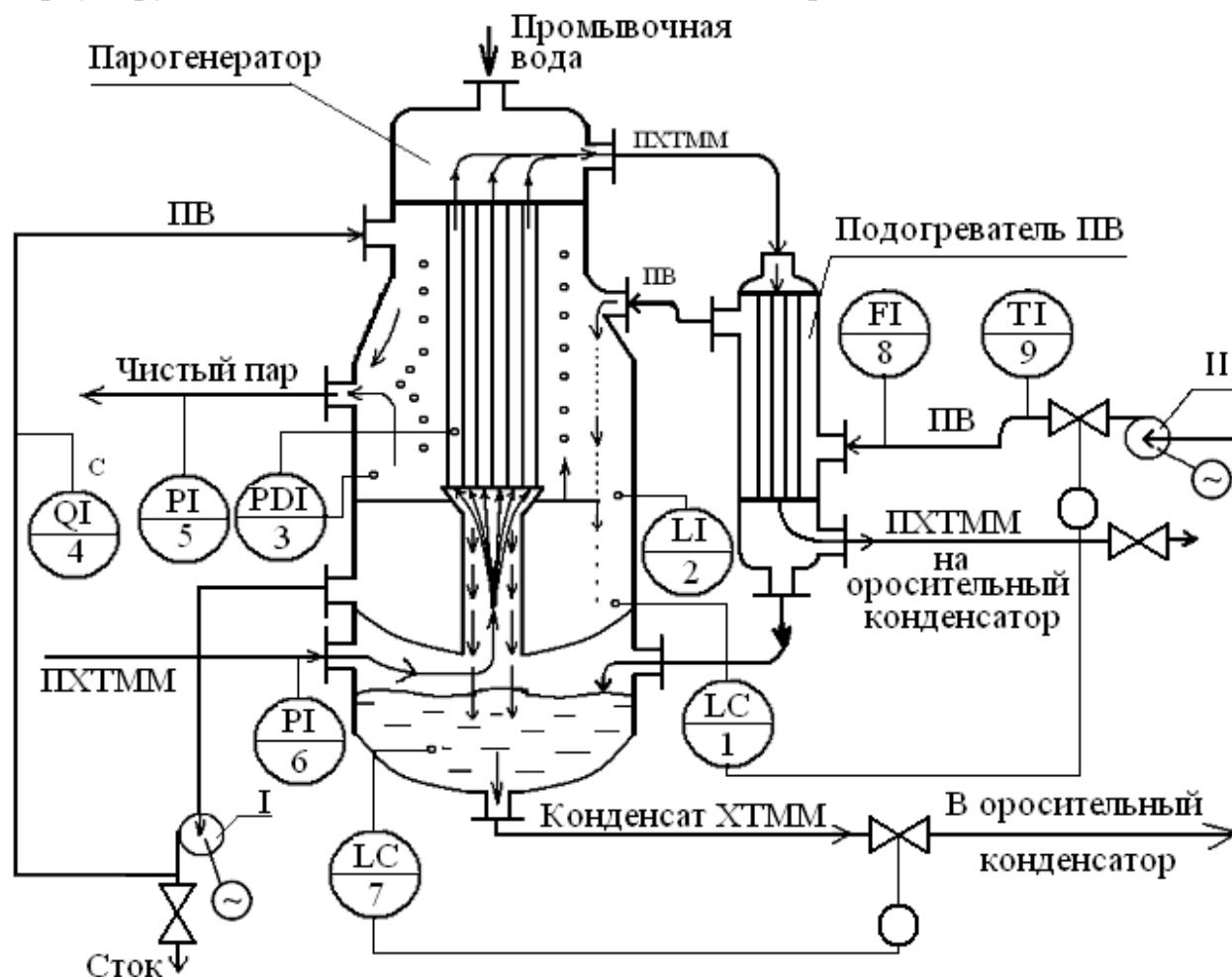


Рис.12. Функциональная схема автоматизации ТРУ производства ХТММ:
ПВ – питательная вода; ПХТММ – пар ХТММ

генерируемого чистого пара. Чистый пар перед подачей в паропровод проходит сепарацию (каплеотделение). Питательная вода поступает в испаритель парогенератора через подогреватель.

Подогреватель питательной воды предназначен для окончательной конденсации пролетного пара и пара вторичного вскипания ХТММ и подогрева питательной воды до температуры испарения.

Для обеспечения нормального режима функционирования парогенератора с подогревателем ПВ предусмотрены следующие САУ и АСК (рис.12).

САУ уровнем циркулирующей котловой воды в парогенераторе (поз.1). Сигнал низкого значения уровня останавливает циркуляционный насос I, а сигнал высокого значения уровня останавливает насос II питательной воды.

САУ уровнем конденсата в парогенераторе (поз.7). Высокое значение уровня блокирует выпуск пара ХТММ в парогенератор и открывает выпуск этого же пара в оросительный конденсатор.

АСК перепада давлений между паром ХТММ и чистым паром (поз.3). При превышении перепада давлений допустимого значения включается промывка испарителя для восстановления его рабочих характеристик.

АСК концентрации соли циркулирующей котловой воды (поз.4). При превышении концентрации соли верхнего допустимого значения часть ПВ сливается в сток.

АСК давления чистого пара и пара ХТММ (поз.5,6).

АСК расхода и температуры питательной воды, поступающей в подогреватель ПВ (поз.8,9) [8].

Автоматизация объектов подготовки волокнистой массы и производства бумаги и картона на БДМ или КДМ

Автоматизация гидроразбивателя

Процесс роспуска может быть как периодическим, так и непрерывно-дискретным.

Роспуск в гидроразбивателе периодического действия характеризуют следующие параметры: масса сырья, его сухость, масса и концентрация оборотной воды, время роспуска сырья, скорость вращения ротора, мощность электропривода ротора, концентрация в ванне гидроразбивателя, средний уровень в ванне, количество пучков нераспущенных волокон в единице объема распущенной волокнистой массы. Эти же параметры характеризуют и непрерывный роспуск за исключением времени роспуска. Кроме того, при непрерывном роспуске вместо массы сырья и воды учитываются массовые расходы. Одним из важнейших параметров, характеризующих процесс роспуска, является концентрация в ванне гидроразбивателя. Концентрация волокнистой суспензии может составлять от 2,5 до 5,0 % в случае непрерывного режима работы гидроразбивателя и 3,5-5 % в случае периодической работы.

Существует система автоматического управления роспуском, которую можно применять для роспуска полуфабрикатов и брака с БДМ и КДМ. Суть этого способа управления заключается в измерении уровня в центре ванны (или по вертикали над краем роторного диска) и на периферии и в зависимости от их разности изменения расхода сырья и корректировки расхода оборотной воды.

При работе гидроразбивателя в результате вращения массы в ванне образуется «воронка». Перепад уровней в ванне в центре и на периферии характеризует форму свободной поверхности «воронки». Форма свободной

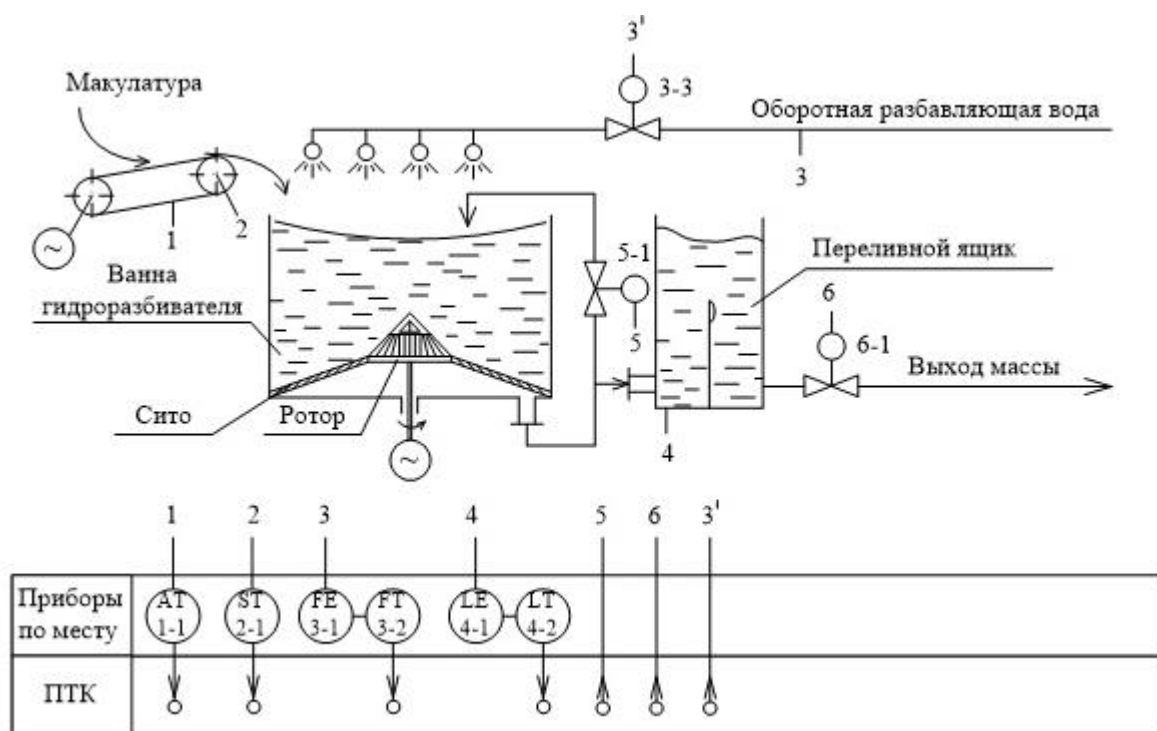


Рис. 13. Функциональная схема автоматизации гидроразбивателя

поверхности «воронки» или перепад уровней является более точным показателем концентрации. Известно, что качество роспуска сырья при постоянной скорости вращения ротора зависит от степени загрузки гидроразбивателя или концентрации в ванне. С увеличением загрузки гидроразбивателя перепад уровней уменьшается, а концентрация увеличивается. Волокнистая суспензия, которая получается в ванне, затем удаляется через кольцевое сито, расположенное вокруг ротора. Перепад уровней управляется изменением расхода разбавляющей оборотной воды по пропорционально-интегральному алгоритму, уровень в ванне – изменением расходов отводимой и рециркуляционной массы по пропорциональному алгоритму. Одновременно сигнал перепада уровней через позиционное управляющее устройство и пускатель управляет включением и выключением электродвигателя привода транспортера подачи сырья. Таким образом, также обеспечивается отключение подачи сырья на роспуск при достижении минимально допускаемого перепада уровней (максимально допускаемой концентрации в ванне). В случае забивания сита и превышения уровня на периферии максимального значения другое позиционное управляющее устройство отключает автоматику управления уровнем и сигнализирует оператору об аварийном положении на объекте.

Управление процессом роспуска макулатуры, поступающей в кипах или россыпью, производится следующим образом (рис.13). Измеряют массовые расходы сырья и оборотной воды (поз.3), определяют их соотношение и расход воды изменяют в зависимости от их соотношения и уровня в демпфере (переливном ящике) (поз. 4).

Массовый расход сырья – макулатуры определяют по усилию, действующему на ленту транспортера (поз.1-1), и скорости ленты транспортера (угловой скорости барабана) (поз. 2-1).

Такая система управления позволяет повысить качество роспуска сырья, так как обеспечивает заданную концентрацию при роспуске, косвенно определяемую по соотношению массовых расходов сырья и воды. Система автоматизации также включает системы дистанционного управления расходами рециркуляционной массы (поз. 5) и распущенной выходящей массы (поз.6) [1,4,8].

Автоматизация сортирующего гидроразбивателя

Сортирующие гидроразбиватели применяются для дороспуска, очистки и сортирования макулатурной массы на второй ступени в технологических схемах с двухступенчатым роспуском. Сортирующий гидроразбиватель имеет емкость закрытого типа, к которой тангенциально присоединен патрубок подачи массы. В центре торцевой крышки емкости, расположенной против ротора, находится патрубок отвода легких загрязнений. Внутри емкости над ситом установлен ротор. Сито является сортирующей перегородкой между емкостью и камерой приема готовой массы, к которой присоединен патрубок отвода готовой массы. Для отвода тяжелых загрязнений служит выходной патрубок.

Масса под давлением подается тангенциально в емкость через патрубок. Тангенциальная подача и вращение ротора обеспечивают закрутку потока в емкости. В результате действия центробежных сил происходит сепарация загрязнений. При этом частицы с плотностью, большей плотности воды, собираются у стенок емкости и удаляются через патрубок отвода тяжелых загрязнений в грязевик. В центре емкости вдоль оси вращения потока возникает зона разрежения и образуется центральный воздушный вихрь, вдоль которого скапливаются легкие загрязнения. Эти загрязнения периодически или непрерывно отводятся через патрубок. Легкие загрязнения, плотность которых близка к плотности воды, собираются в центре емкости и циркулируют по всему объему. Удаление этих загрязнений происходит следующим образом. При закрытом патрубке в емкости возрастает концентрация загрязнений, так как они не пропускаются через сито. При открытии патрубка масса удаляется с повышенной концентрацией легких загрязнений, поэтому при относительно небольшом расходе достигается очистка от этих загрязнений.

Ротор гидроразбивателя распускает пучки волокнистого материала и способствует прохождению массы через сито. Сортирование на сите происходит под действием перепада давлений до и после сита. Готовая масса собирается в камере и отводится через патрубок. Таким образом, сортирующий гидроразбиватель выполняет функции гидроразбивателя (дороспуск массы), очистителя (отделение тяжелых и легких включений) и

сортировки (отделение от массы нераспущенных пучков волокнистого материала).

В сортирующем гидроразбивателе происходят следующие основные процессы.

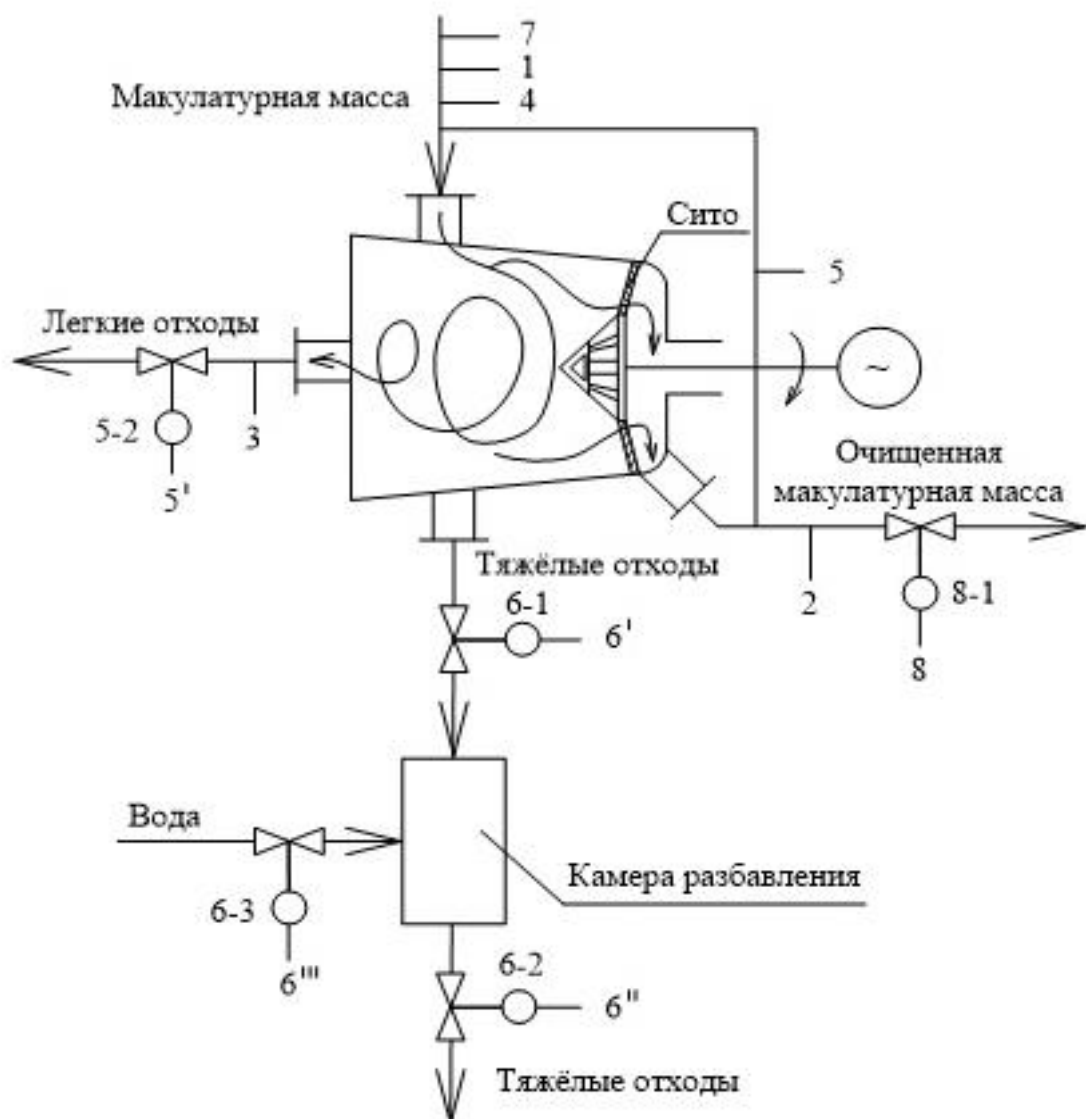
1. Роспуск волокнистого материала с целью уменьшения содержания нераспущенных пучков.

2. Сортирование волокнистой (макулатурной) массы с целью задержания на сите крупных пучков волокон, пропуска массы, содержащей хорошее волокно, и отделение легких и тяжелых включений. Следовательно, автоматизация необходима для повышения степени очистки макулатурной массы от загрязнений и уменьшения потерь хорошего волокна с отходами.

Система автоматизации (рис.14) включает в себя следующие системы автоматики:

- АСК давления на входе 1-1;
- АСК давления хорошей массы на выходе 2-1;
- АСК давления на выходе легких отходов 3-1;
- АСК концентрации входящей макулатурной массы 7-1;
- АСК расхода макулатурной массы 4-1,4-2;
- системы дистанционного управления (СДУ) запорными клапанами на выходе тяжелых отходов 6-1, 6-2 и на подаче воды 6-3;
- системы дистанционного управления (СДУ) клапаном на выпуске легких отходов 5-2 и на выходе хорошей массы 8-1;
- САУ перепадом давлений между входом и выходом суспензии с коррекцией по концентрации массы на входе 5-1. Система автоматического управления перепадом давлений работает следующим образом. Измеряется разность давлений ΔP между входом суспензии и выходом очищенной суспензии за ситом, определяется концентрация волокнистой суспензии на входе и выпуск легких отходов регулируется (изменяется) в зависимости от отклонений этих параметров от заданных значений. При достижении определенного значения $\Delta P_{\max}$ система срабатывает и открывает клапан на трубопроводе легких отходов. При снижении ΔP до $\Delta P_{\min}$ клапан закрывается. При нахождении ΔP в диапазоне $\Delta P_{\min}$ - $\Delta P_{\max}$ САУ управляет положением клапана в зависимости от заданного значения ΔP .

Коррекция по концентрации вводится в систему для того, чтобы скомпенсировать изменение разности давлений при изменении концентрации на входе при неизменном количестве легких отходов. Так, например, при увеличении концентрации суспензии на входе увеличивается гидравлическое сопротивление при прохождении через сито и разность давлений ΔP . Тяжелые отходы удаляются по временной программе открытием и закрытием отсечных клапанов на камере разбавления [4,8].



	1	2	3	4	5	5'	7	6'	6''	6'''	8
Приборы по месту	PI 1-1	PI 2-1	PI 3-1	FE 4-1	FT 4-2	PDT 5-1	QT 7-1 ^C				
ПТК	○	○	○		○	○	○	○	○	○	○

Рис.14. Функциональная схема автоматизации сортирующего гидроразбивателя

Автоматизация дисковой мельницы для размол волокнистой массы (суспензии)

Размол, являющийся важнейшим этапом подготовки волокнистой массы для БДМ или КДМ, производится на дисковых или конических

мельницах. Для обеспечения стабильности качества волокнистой массы (суспензии) после размола существуют следующие САУ размалывающими аппаратами по:

- мощности приводного электродвигателя;
- мощности приводного электродвигателя с коррекцией по расходу волокнистой массы;
- удельному расходу энергии с коррекцией по степени помола после размола;
- мощности приводного электродвигателя с коррекцией по перепаду температур волокнистой массы на входе и выходе;
- перепаду рН на входе и выходе;
- зазору между ножами размалывающей гарнитуры;
- степени помола волокнистой массы на выходе;
- удельному давлению, действующему на размалывающую гарнитуру.

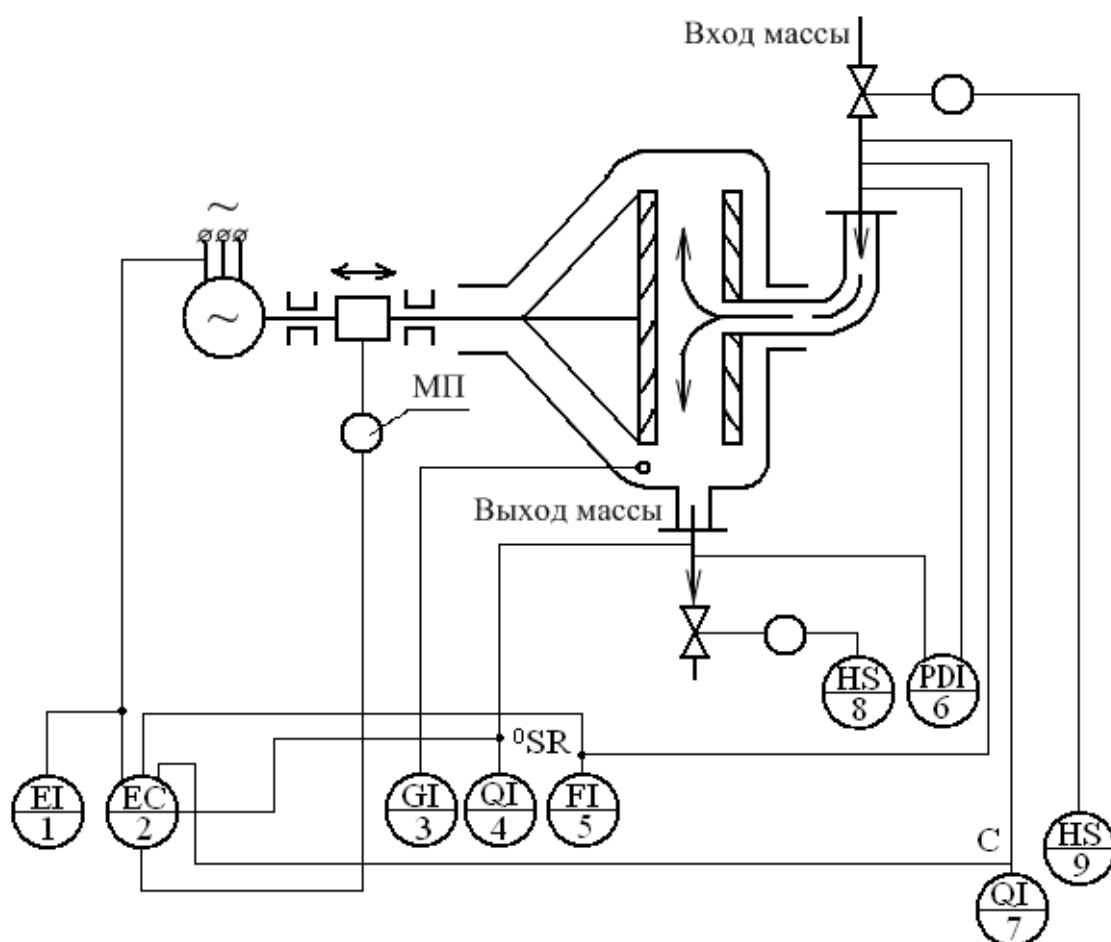


Рис.15. Функциональная схема автоматизации дисковой мельницы для размола волокнистой массы

Наиболее распространенная функциональная схема автоматизации представлена на рис. 15. Здесь: 1, 3, 4, 5, 6, 7 – соответственно АСК

мощности электропривода мельницы; зазора между размалывающими дисками; степени помола волокнистой суспензии на выходе мельницы; расхода волокнистой суспензии, перепада давлений на мельнице; концентрации волокнистой суспензии на входе мельницы; 2 – САУ удельным расходом электроэнергии ($\frac{\text{кВт}\cdot\text{ч}}{\text{т}_{\text{всв}}}$); 8, 9 – СДУ дросселированием потока волокнистой суспензии соответственно на входе и выходе мельницы

Удельный расход электроэнергии вычисляется по информации от измерительных преобразователей АСК 1, 5 и 7. САУ удельным расходом электроэнергии выдает управляющий сигнал с коррекцией по степени помола от измерительного преобразователя АСК 4 на реверсивный пускатель. Реверсивный пускатель соответственно управляет механизмом присадки (МП), состоящим из реверсивного двигателя постоянной скорости, редуктора и механизма переключения редуктора.

При управлении работой группой мельниц основными задачами являются стабилизация показателей размола массы на выходе каждой из мельниц и автоматическое изменение режима работы САУ удельным расходом электроэнергии при изменении расхода массы через поток непрерывного размола [1,4,8].

Автоматизация составителя композиции бумажной массы

Одним из важнейших процессов при подготовке бумажной массы к отливу на БДМ является составление композиции.

Приготовление композиции бумажной массы осуществляется в машинном (композиционном) бассейне. Назначение машинного бассейна – это обеспечение постоянства композиции, концентрации массы и создание буферного запаса для компенсации нарушений равномерности подачи и характеристик массы, поступающей из размольно-подготовительного отдела (РПО).

Суспензия целлюлозы после размола поступает на составление композиций различных видов бумаги путем добавления древесной массы, клея (для придания водоотталкивающих свойств, для повышения сил связи между волокнами, придания бумаге жесткости и звонкости), глинозема (для закрепления клея на волокне, повышения удерживаемости мелкого волокна и наполнителя), наполнителей, таких как каолин, мел и др. (для улучшения печатных свойств бумаги, повышения гладкости и лоска после каландрирования, повышения непрозрачности и снижения себестоимости) и красящих веществ (для устранения нежелательных серых, желтых тонов в бумаге, для окраски и подцветки).

Управление расходами компонентов осуществляется таким образом, чтобы обеспечить их заданное массовое соотношение в композиции бумажной массы. По конструкции бассейны бывают горизонтальные и вертикальные, а по типу перемешивающих устройств – лопастные, циркуляционные и пропеллерные. В настоящее время применяются почти исключительно

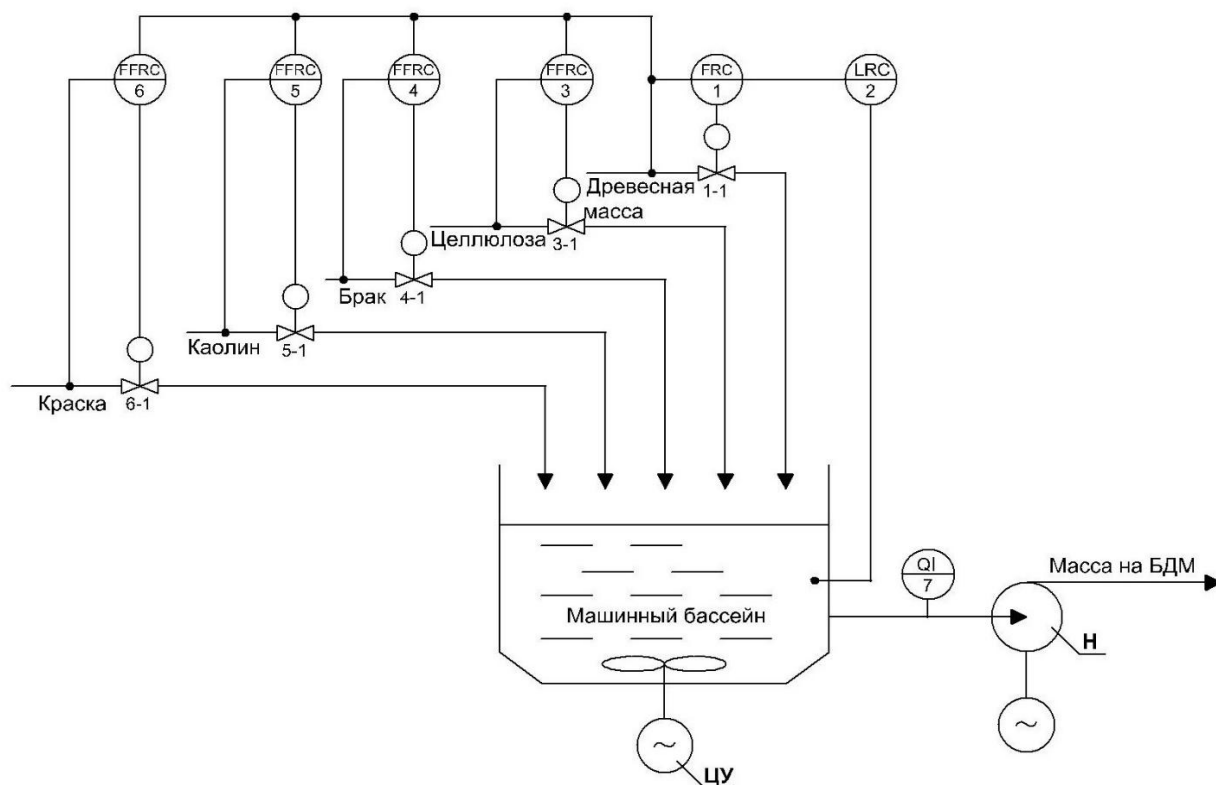


Рис.16. Функциональная схема автоматизации машинного бассейна:
Н – массовый насос; ЦУ – циркуляционное устройство

вертикальные бассейны.

Для перекачки волокнистой массы от одного участка производства к другому применяются массовые насосы. Выбор насоса производится исходя из полного напора массы, который должен создавать насос, и его производительности. Обычно для перемещения волокнистых суспензий в пределах массоподготовительного отдела насос должен обеспечить напор 15–25 м.

Бумажная масса составленной композиции аккумулируется в машинном бассейне, откуда поступает на БДМ. Объем бассейна выбирается из условия обеспечения бесперебойной работы БДМ в течение определенного времени. Система автоматизации составителя композиции, например, для газетной бумаги (рис. 16), включает в себя следующие системы автоматики:

- 1 – САУ расходом главного компонента (древесная масса);
- 2 – САУ уровнем массы в машинном бассейне;
- 3 – САУ соотношением расходов целлюлозы и древесной массы;
- 4 – САУ соотношением расходов брака и древесной массы;
- 5 – САУ соотношением расходов наполнителя (каолина) и древесной массы;
- 6 – САУ соотношением расходов краски и древесной массы;
- 7 – АСК концентрации композиционной массы на выходе из

машинного бассейна.

Система управления композицией построена по каскадному принципу. САУ расходом главного компонента 1 и соотношением расходов компонентов 3,4,5,6 при постоянных концентрациях являются стабилизирующими.

САУ уровнем массы 2 в машинном бассейне воздействует на задание САУ расходом главного компонента и является задающей [1,4,8].

Автоматизация напускного устройства БДМ

Напускные устройства применяются для напуска волокнистой массы (суспензии) на сетку БДМ или КДМ. Они обеспечивают заданную скорость истечения суспензии и равномерное её распределение на сетке машины. Это необходимо для стабилизации поверхностной плотности и толщины полотна бумаги или картона.

В напускных устройствах открытого типа напор определяется уровнем массы над выпускной щелью.

Они применяются на машинах, у которых скорость сетки не превышает 300 м/мин.

На высокоскоростных машинах используются напускные устройства (ящики) закрытого типа (гидродинамические), в которых требуемый статический напор создается насосом и избыточным давлением воздуха. Напор массы в гидродинамических ящиках создается насосом, подающим бумажную массу в потокораспределитель. Отличаются от закрытых напорных ящиков наличием элементов, создающих турбулизацию потока массы на участке от коллектора до выпускной щели. Ящики подобного рода отличаются значительно меньшими объемами массного и воздушного пространств, меньшей металлоемкостью и являются наиболее перспективными устройствами для современных высокоскоростных БДМ. Гидродинамические напорные ящики приходят на смену традиционным напорным ящиком закрытого типа. Их появление было обусловлено повышением скорости БДМ от 900-1000 м/мин и выше. Функциональная схема автоматизации гидродинамического напускного устройства БДМ на базе ПТК представлена на рис. 17.

Для стабилизации поверхностной плотности бумажного полотна на заданном значении с точностью $\pm 0,5$ % давление массы в напускном устройстве при истечении на сетку должно управляться с точностью ± 1 %.

САУ давлением – каскадная. Внутренний (стабилизирующий) контур – САУ частотой вращения насоса 1, внешний (задающий) контур управления – САУ давлением волокнистой суспензии в напускном устройстве 2. Управляющий сигнал САУ давлением массы для повышения точности управления воздействует также на подачу воздуха в напускное устройство и на отвод суспензии в линию рециркуляции.

3, 4 – САУ уровнем суспензии в переливной трубе и правом переливном отсеке напускного устройства [4,8].

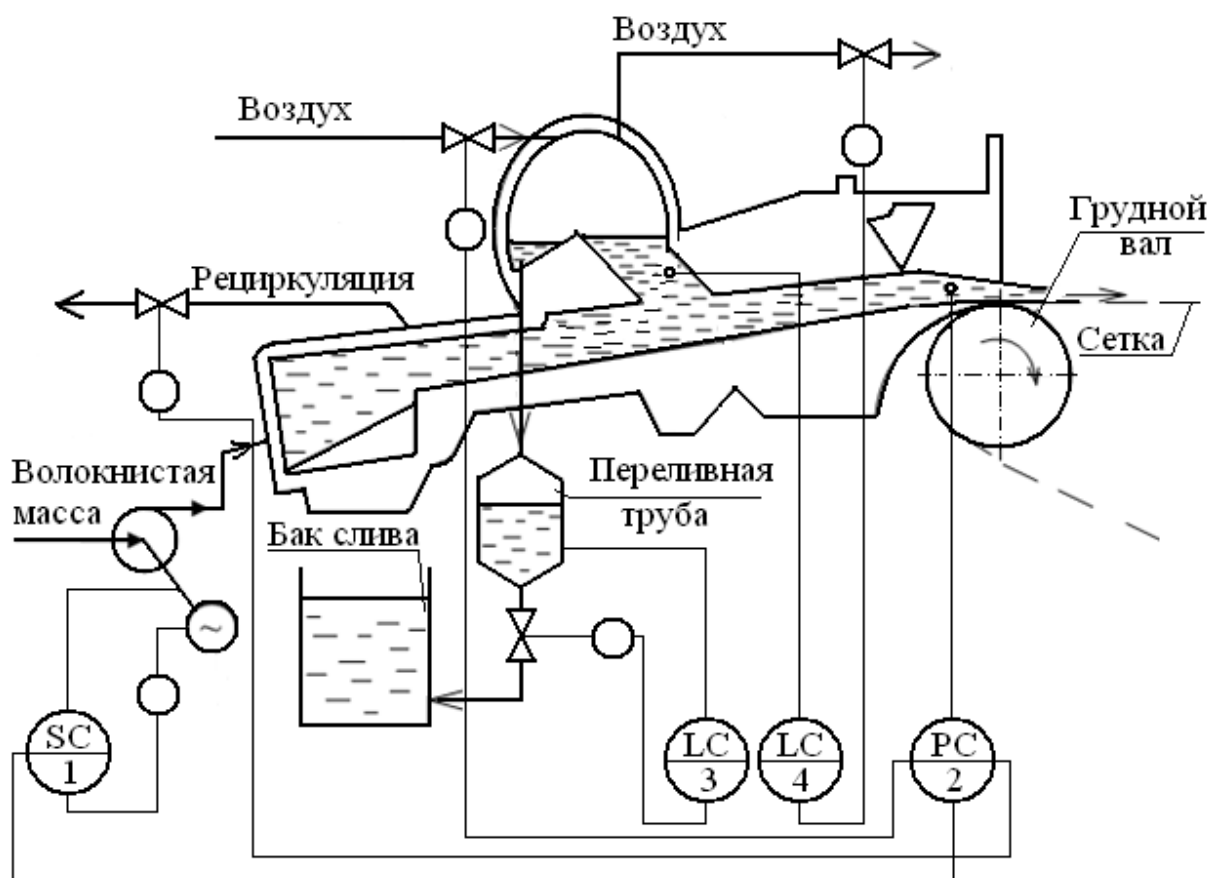


Рис.17. Функциональная схема автоматизации гидродинамического напускного устройства

Автоматизация сеточного стола БДМ

Сеточная часть БДМ фирмы «Voith» (Германия) для выработки двухслойной бумаги состоит из двух плоскосеточных столов: верхнего и нижнего.

Нижний (основной) сеточный стол предназначен для отлива и формирования нижнего слоя бумаги. Длина нижнего сеточного стола от оси грудного вала до оси гауч-вала 15950 мм. Общая длина нижней сетки 39200 мм. Верхний сеточный стол расположен над нижним сеточным столом и предназначен для отлива и формования верхнего (покровного) слоя бумаги. Длина верхнего сеточного стола от оси грудного вала до оси поворотного вала 6200 мм. Общая длина верхней сетки 17750 мм. Ширина сеток 5000 мм.

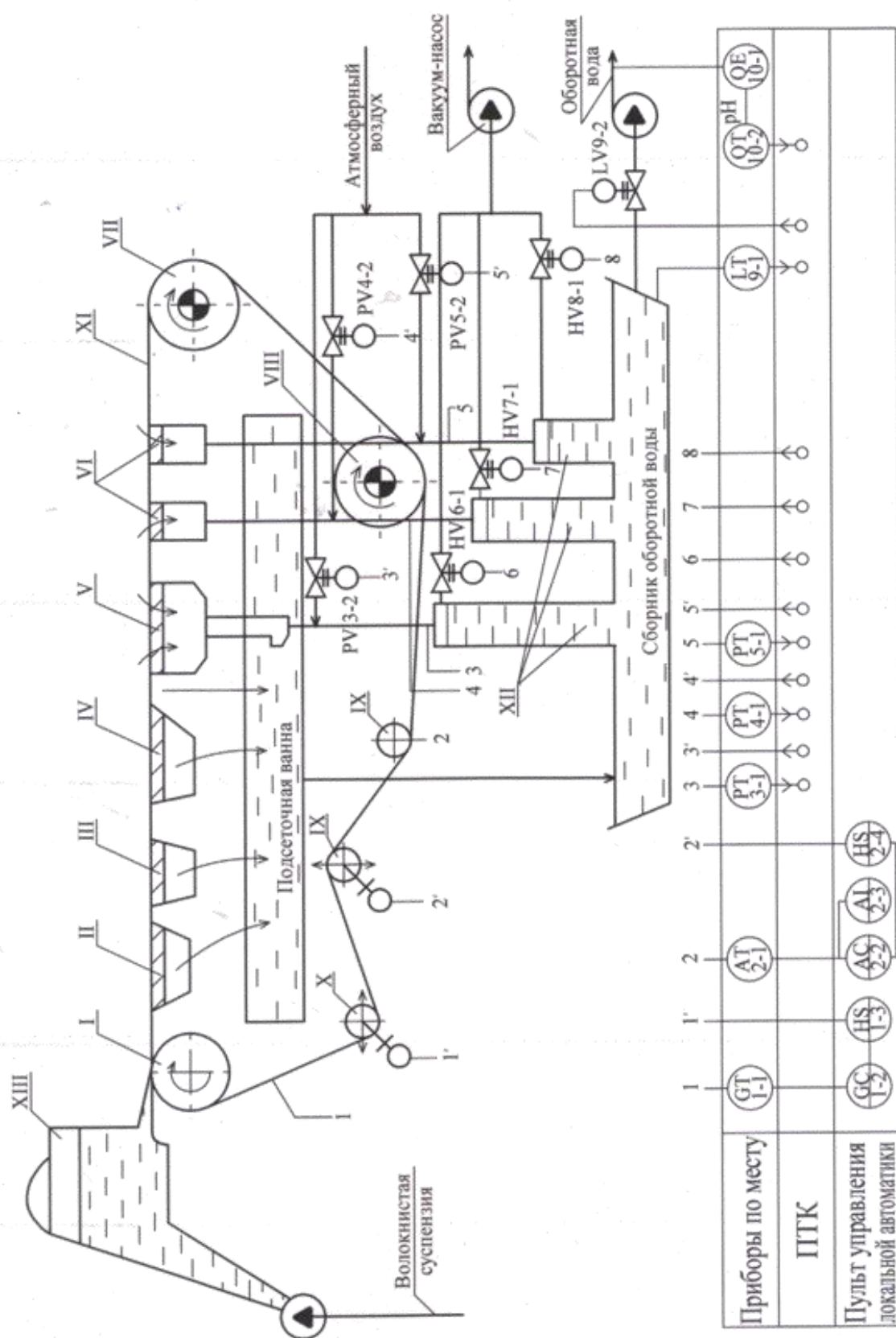


Рис. 18. Функциональная схема автоматизации верхнего сеточного стола БДМ фирмы "Voith" для двухслойной бумаги

Технологическая часть схемы имеет следующие обозначения:

- I- грудной вал Ø694;
- II- формующая (грудная) доска;
- III- ящик из четырех гидропланок;
- IV- ящик из пяти гидропланок;
- V- мокрый отсасывающий ящик;
- VI- плоские сухие отсасывающие ящики;
- VII- сеткоповоротный вал Ø1000;
- VIII- сеточный цилиндр Ø 1000;
- IX- сетконатяжные валы Ø 514;
- X- сеткоправильный вал Ø 514;
- XI- синтетическая сетка;
- XII- барометрические трубы (водоотделители);
- XIII- напорный ящик.

Одним из важнейших факторов процесса обезвоживания на отсасывающих ящиках является обеспечение в них заданного вакуума. В этом случае основным управляемым параметром является вакуум в отсасывающих ящиках и коллекторе. Управлением вакуумом производится изменением расхода воздуха, поступающего из атмосферы.

Система автоматизации (рис.18) включает следующие системы автоматического и дистанционного управления и контроля на базе ПТК и локальной автоматики:

- 1- САУ положением сетки на локальной автоматике;
- 2- САУ натяжением сетки на локальной автоматике;
- 3,4,5- САУ разрежением в мокром и сухих отсасывающих ящиках;
- 6,7,8- системы дистанционного управления (СДУ) положением клапанов на отсосе воздуха вакуум-насосом;
- 9- САУ уровнем в сборнике оборотной подсеточной воды;
- 10- АСК (автоматическую систему контроля) pH оборотной воды, уходящей в массоподготовительный отдел БДМ.

При увеличении разрежения возрастает количество мелкого волокна, уходящего через сетку вместе с водой и воздухом. При увеличении разрежения также увеличивается износ сетки. Управление натяжением и положением сетки также необходимо для повышения её срока службы и для снижения брака при формировании полотна бумаги. Автоматический контроль pH оборотной воды необходим, так как при его отклонении от нормы возникает процесс пенообразования в волокнистой суспензии, отрицательно влияющей на формирование полотна на сетке [4,8].

Автоматизация гауч-вала

Гауч - вал двухкамерный диаметром 1000 мм. После гауч - вала бумажное полотно сухостью 18-22 % снимается с сетки вакуум-пересасывающим валом и передается на 4- вальный пресс.

Величина разрежения в гауч-вале на нижнем сеточном столе и отсасывающих ящиках влияет не только на процесс формования полотна, но и на расход электроэнергии на привод БДМ, так как при увеличении разрежения возрастает трение сетки о крышки ящиков и других обезвоживающих элементов. Схема автоматизации гауч-вала представлена на рис.19 [8].

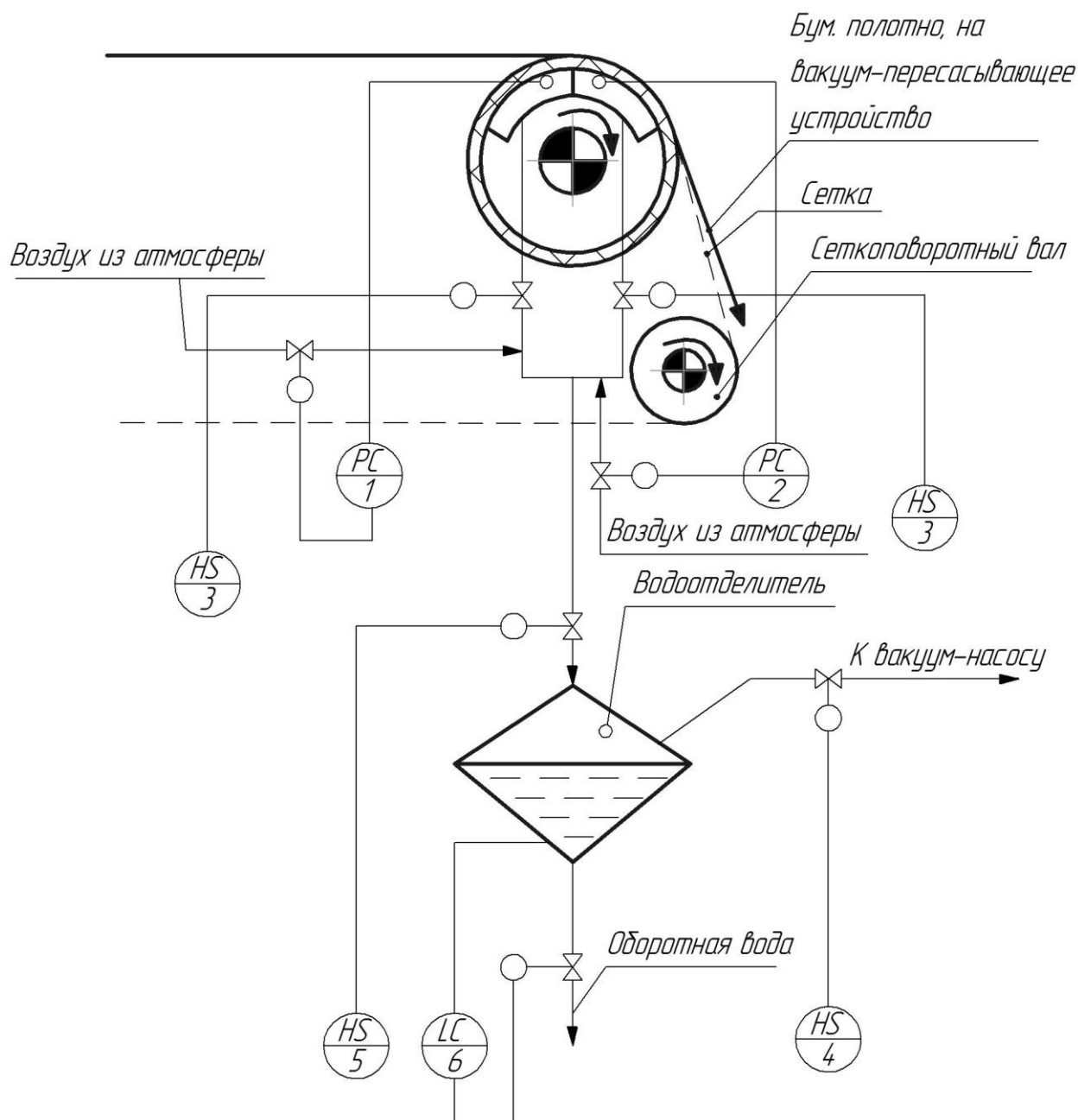


Рис.19. Функциональная схема автоматизации гауч-вала: 1,2- САУ разрежением в камерах гауч-вала; 3,4,5- СДУ положением клапанов на воздуховодах из атмосферы и к вакуум-насосу; 6-САУ уровнем оборотной воды в водоотделителе

Автоматизация прессовой части БДМ для производства газетной бумаги

Автоматизация прессовой части необходима для снижения расхода электроэнергии на вакуум-насосы и на привод валов, для обеспечения заданной влажности полотна бумаги перед передачей его в сушильную часть, для повышения надежности и срока службы валов и сукна.

На рис. 20 представлена функциональная схема автоматизации прессовой части односеточной БДМ с плоской сеткой для выработки газетной бумаги. Схема включает в себя часть оборудования сеточного стола и имеет следующие обозначения:

- I- отсасывающий двухкамерный гауч-вал, входит в сеточную часть БДМ;
- II- вакуумпересасывающее устройство(вал);
- III- сукноотжимной пресс;
- IV- сдвоенный трехвальный наклонный пресс;
- V- прямой пресс;
- VI- первый цилиндр сушильной части;
- VII- вакуумные сукномойки;
- VIII- ведущий вал сетки;
- IX- сукноправильные валики;
- X- сукнонатяжные валики;
- XI- шаберы;
- XII- канавки и желоба для приема оборотной воды;
- К В/Н – к вакуум-насосу;
- В- вода на спрыск сетки ,сукна и на вакуумные сукномойки.

Верхний и нижний валы сдвоенного пресса - отсасывающие, средний вал- гранитный. В прямом прессе нижний вал желобчатый типа Вента-Нип, верхний - гранитный.

Система автоматизации включает в себя следующие системы автоматического и дистанционного управления на базе ПТК и локальной автоматики:

- 1,2,3,4,5- САУ разрежением в отсасывающих камерах валов (на схеме показана одна из двух для гауч-вала);
- 6,7 –САУ линейным давлением между валами;
- 8- система дистанционного управления подачи воды на спрыск сетки;
- 9- система дистанционного управления прижимом шабера к валу (на схеме показана одна из двух);
- 10- САУ разрежением в вакуумной сукномойке (на схеме показана одна из трех);
- 11- САУ натяжением сукна на локальной автоматике (на схеме показана одна из трех);
- 12- САУ положением сукна на локальной автоматике (на схеме показана одна из трех); 13 – система дистанционного управления подачей воды на вакуумную сукномойку (на схеме показана одна из трех) [1,4,8].

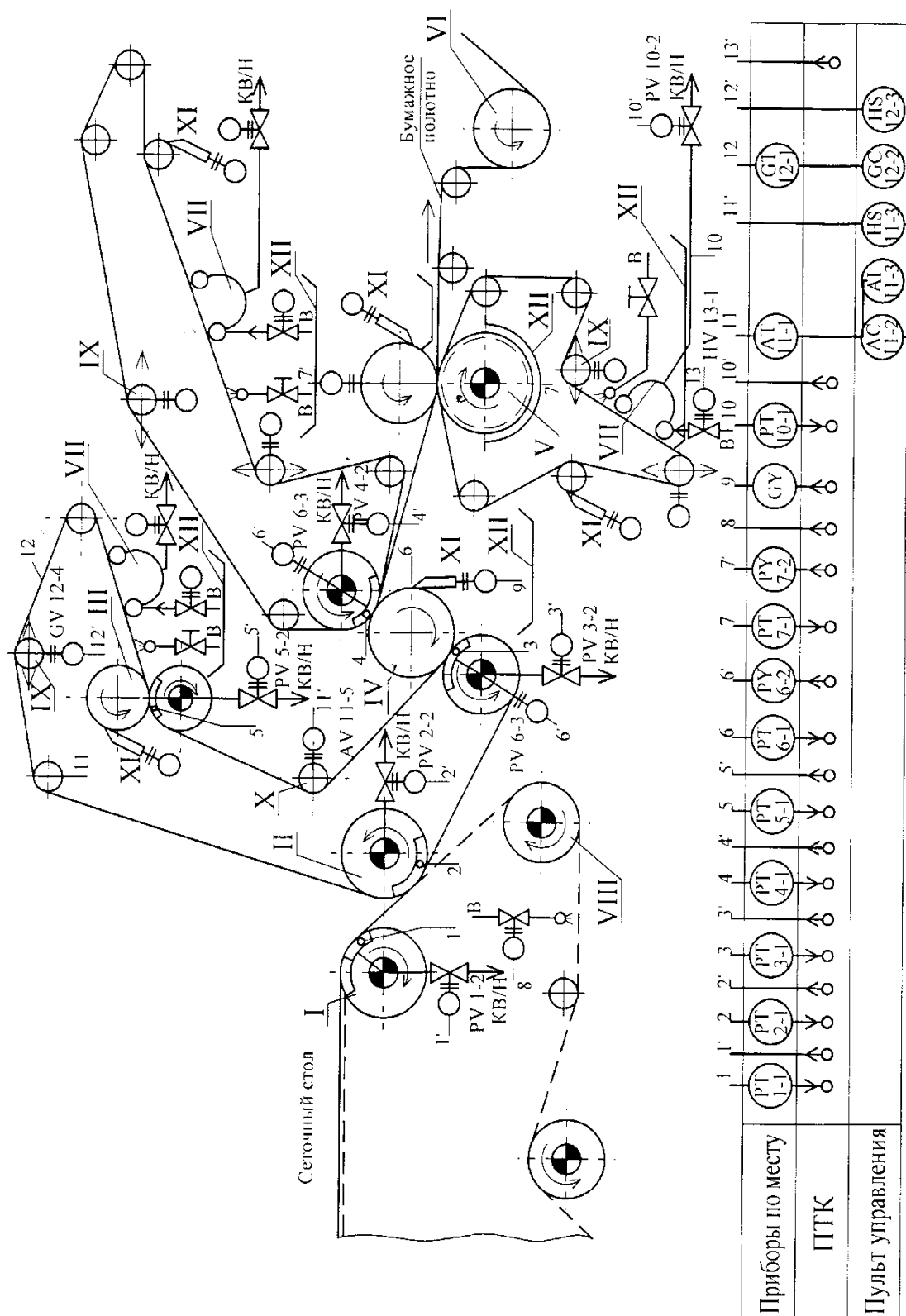


Рис. 20. Функциональная схема автоматизации прессовой части БДМ для газетной бумаги

Автоматизация сушильной части БДМ

В сушильной части бумагоделательной машины бумажное полотно обезвоживается до конечной сухости 92-95 %. В процессе сушки удаляется 1,5-2,5 кг воды на 1 кг бумаги, что примерно в 50-100 раз меньше, чем на сеточной и прессовой частях машины. При сушке одновременно происходит дальнейшее уплотнение и сближение волокон. В результате повышается механическая прочность и гладкость бумаги. От режима сушки зависят объемная масса, впитывающая способность, воздухопроницаемость, прозрачность, усадка, влагопрочность, степень проклейки и окраска бумаги. Бумажное полотно, проходя по сушильным цилиндрам, поочередно соприкасается с нижними и верхними цилиндрами то одной, то другой своей поверхностью. Для лучшего контакта между цилиндрами и бумагой и облегчения заправки применяют сушильные сукна (сетки), охватывающие сушильные цилиндры примерно на 180°.

Сушка бумаги на сушильном цилиндре состоит из двух фаз: на нагретой поверхности цилиндра под сукном и на участке свободного хода, т. е. когда бумажное полотно переходит с одного цилиндра на другой. В первой фазе, под сукном, испаряется основное количество влаги: на тихоходных машинах до 80-85 %, на быстроходных до 60-75 % всей влаги, испаряемой в сушильной части машины. Во второй фазе, на участках свободного хода влага испаряется с обеих сторон бумаги за счет тепла, поглощенного бумагой в первой фазе сушки. При этом бумага в зависимости от скорости машины претерпевает понижение температуры на 4-15°. При падении температуры снижается скорость сушки, особенно на тихоходных машинах, так как на них падение температуры полотна бумаги больше, чем на быстроходных. С повышением скорости машины количество испаряемой воды на участке свободного хода бумаги увеличивается. С уменьшением количества воды в бумажном полотне интенсивность сушки на свободном участке понижается.

Температуру сушильных цилиндров повышают постепенно, что способствует улучшению качества бумаги и завершению процесса проклейки. В конце сушильной части температуру поверхности цилиндров снижают, так как высокая температура при небольшой влажности бумаги действует на волокна разрушающе.

Основная цель автоматизации сушки бумажного полотна в сушильной части БДМ состоит в обеспечении заданного температурного режима сушки и получении бумаги заданной влажности в продольном и поперечном направлениях. Функциональная схема автоматизации контактной сушки бумажного полотна при параллельном парораспределении на базе ПТК приведена на рис.21. Работа систем управления контактной сушкой должна быть согласована с решением основной задачи, которая заключается в

обеспечении наиболее низкого соотношения расходов пара и удаленной воды из полотна бумаги. Все сушильные цилиндры разбиваются на несколько групп, чтобы между паровым коллектором и коллектором конденсата каждой сушильной группы был соответствующий перепад давления. Основными управляемыми параметрами являются давление пара, перепад давления, уровни в водоотделителях, влажность и поверхностная плотность бумажного полотна.

Давление пара в коллекторе каждой сушильной группы и в главном коллекторе управляется САУ 1, 6, 7, 8. Перепад давления между паровым коллектором и коллектором конденсата каждой сушильной группы управляется изменением расхода вторичного пара, перепускаемого из водоотделителей (САУ 3, 4, 5). В водоотделителях уровень управляется выходом конденсата (САУ 9, 10, 11).

Системы автоматического управления давлением пара в каждой сушильной группе обеспечивают температурный график сушки. В случае трех сушильных групп температурный график должен быть следующим:

1-я группа – подъем температуры с 60-65 °С до 110 °С;

2-я группа – температура 110-120 °С;

3-я группа – снижение температуры до 90-95 °С.

Следовательно, давление пара снижается от первой к последующим группам, например, от 300 кПа до 70 кПа.

Соблюдение таких перепадов давления необходимо для более полного использования тепла греющего пара и для удаления воздуха из сушильных цилиндров, что в свою очередь повышает коэффициент теплопередачи от пара к бумажному полотну.

Управление влажностью бумажного полотна реализуется по каскадной схеме: выходной сигнал САУ влажностью 12 является заданием САУ давлением пара 8 в ведущей сушильной группе II. Поверхностная плотность бумажного полотна 13 управляется изменением расхода волокнистой массы, поступающей в напускное устройство БДМ. 2 – АСК расхода пара на сушильную часть БДМ [4,8].

Автоматизация каландра и суперкаландра

При каландрировании бумага подвергается давлению, трению, тепловому воздействию и увлажнению.

Машинный каландр устанавливается между сушильной частью и накатом и предназначен для разглаживания бумаги и придания ей гладкости.

Вследствие того, что машинное каландрирование не обеспечивает достаточно высокие гладкость и лоск, многие виды бумаг для печати, а также технические виды бумаг и картона подвергаются суперкаландрированию вне БДМ или КДМ. Для уплотнения влажной бумаги и придания ей гладкости в середине сушильной части или перед последней сушильной

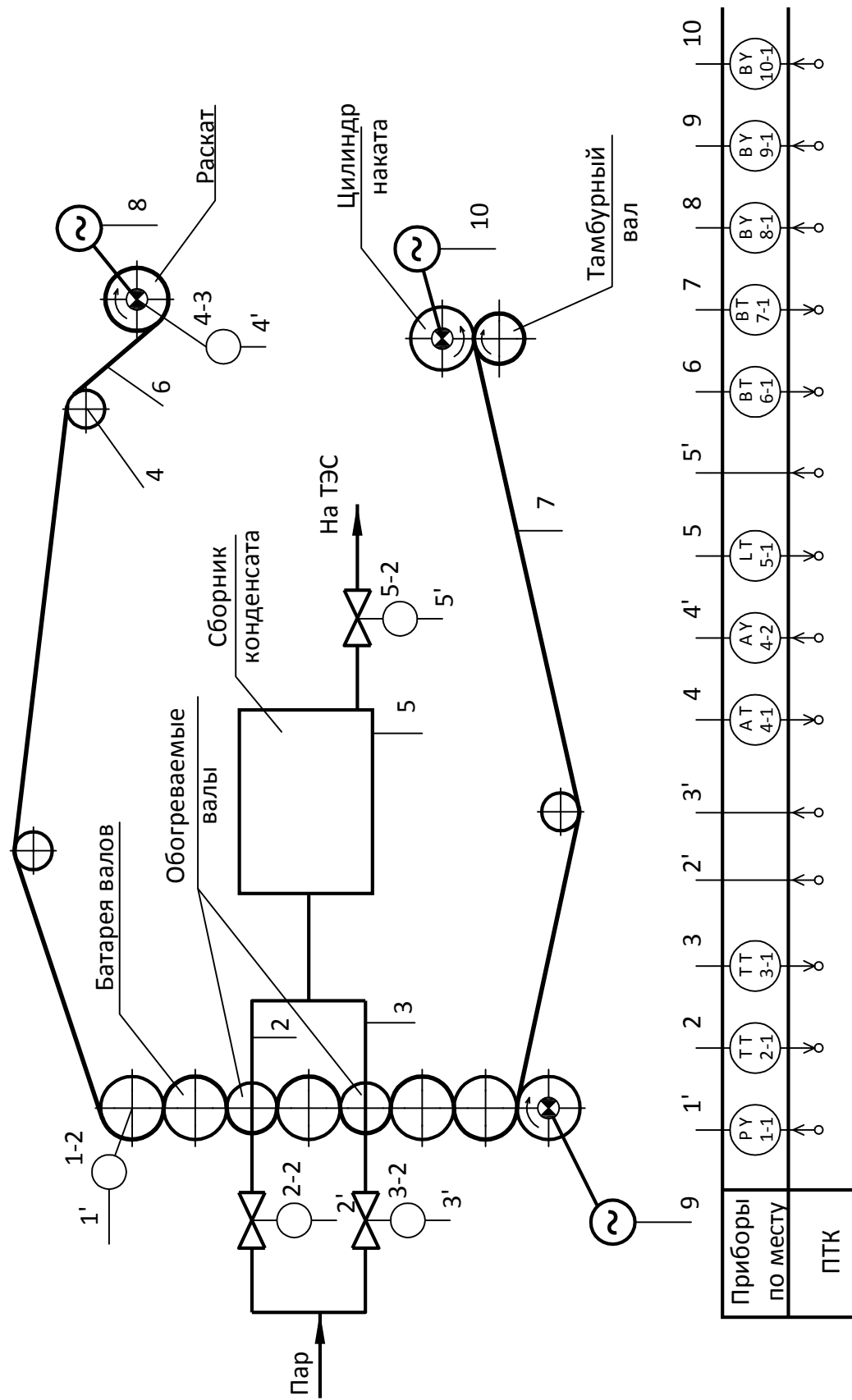


Рис.22. Функциональная схема автоматизации суперкаландра для БДМ

группой устанавливается мокрый (полусухой) каландр. Для уплотнения картона предназначен уплотнительный каландр, состоящий из двух обогреваемых паром или горячей водой ведомого и ведущего валов. Функциональная схема автоматизации суперкаландра БДМ представлена на рис.22.

Система автоматизации включает следующие системы автоматического и дистанционного управления и контроля на базе ПТК и локальной автоматики:

1 – система дистанционного управления (СДУ) дополнительным прижимом батареи валов; 2, 3 – САУ температурой обогреваемых металлических валов; 4 – САУ натяжением полотна на раскате, оснащенном дисковыми пневматическими тормозами; 5 – САУ уровня конденсата в сборнике; 6, 7 – АСК наличия полотна бумаги после раската и перед накатом; 8, 9, 10 – системы автоматической защиты и блокировки при обрыве полотна.

При обрыве полотна срабатывают тормозные системы на раскате, накате и батарее валов и системы механизма прижима валов. Прекращается также подача пара в обогреваемые валы.

Для управления натяжением полотна на раскатах используют дисковые пневматические тормоза [4,8].

Автоматизация продольно-резательного станка (ПРС)

Продольно-резательный станок является одним из узлов, обеспечивающих необходимые качества рулонов готовой продукции.

Одним из таких качеств является плотность намотки бумажного полотна в рулонах. Намотка рулонов происходит в узле наматывания, который состоит из несущих валов и прижимного вала, а также включает в себя механизмы, осуществляющие вылегчивание прижимного вала, укладку гильз на несущие валы.

Для обеспечения качественной плотности намотки рулонов на продольно – резательном станке применяется прижимной вал, который обеспечивает необходимое усилие прижима наматываемого рулона картона к несущим валам, тем самым обеспечивая постоянное линейное давление и сцепление несущих валов с наматываемым рулоном.

Натяжение бумажного полотна поддерживается постоянным во время намотки и выбирается таковым, чтобы был обеспечен хороший рез полотна. Из-за большого обхвата первого по ходу вала бумажным полотном и благодаря мероприятиям по повышению коэффициента трения натяжение полотна значительно уменьшается к моменту намотки на рулон.

В начальный момент работы требуемое линейное давление между рулоном и несущим валом обеспечивается за счет прижима прижимного вала. По мере роста диаметра наматываемого рулона усилие прижима

прижимного вала уменьшается пропорционально росту массы наматываемого рулона. В момент, когда необходимое линейное давление будет обеспечиваться весом намотанного рулона, возникает необходимость вывешивания прижимного вала.

Пневматические цилиндры, установленные с обоих концов прижимного вала, позволяют поддерживать постоянным линейное давление между рулоном и прижимным валом при различной толщине бумажного полотна с правого и левого края.

Функциональная схема автоматизации ПРС «WARISILA» KL1000 V для офсетной бумаги представлена на рис.23.

ПРС имеет следующие основные узлы: - раскат, включающий тамбурный вал I и тормозной генератор II, III – бумаговедущий правочный вал;

- IV – ножевое устройство;

- накат, включающий несущие валы V, прижимной вал VI и наматываемые рулоны VII.

Вспомогательные узлы: приспособление заправки бумаги и гидросталкиватель рулонов с несущих валов.

Техническая характеристика ПРС

Диапазон поверхностной плотности разрезаемой бумаги – 40-80 г/м².

Обрезная ширина бумаги – 8100-8400 мм.

Максимальное натяжение полотна – 600 н/м.

Максимальный размер раскатываемого рулона (тамбурный вал) – 2400х8480 мм.

Максимальный размер наматываемого рулона – 1200х8480 мм.

Тормозной генератор постоянного тока мощностью 415 кВт срабатывает при аварийном останове или при исчезновении напряжения питания электрооборудования. Скорость 292-909 об/мин.

Бумаговедущий правочный вал с электроприводом постоянного тока мощностью 100 кВт подает бумажное полотно на резку под необходимым углом и обеспечивает одинаковое натяжение краев полотна. Скорость 0-1000 об./мин.

Ножевое устройство включает верхние стационарные приводные дисковые ножи мощностью 16х1,1 кВт и нижние бесприводные ножи. Электропривод переменного тока, скорость 3000 об/мин.

Опорой ножевого устройства служит секционный вал, приводимый в движение полотном и предназначенный для удерживания полотна в зоне режущих ножей и препятствующий колебанию полотна при резании.

Несущие валы имеют электропривод постоянного тока мощностью 2х240 кВт. Скорость 0-821 об/мин. Несущие валы (рифленый и гладкий) имеют различную окружную скорость. Скорость второго вала по ходу полотна на 1-2 % больше скорости первого для обеспечения натяжения и плотности намотки.

Прижимной вал имеет 2 электропривода постоянного тока мощностью по 10 кВт. Скорость 0-2415 об/мин.

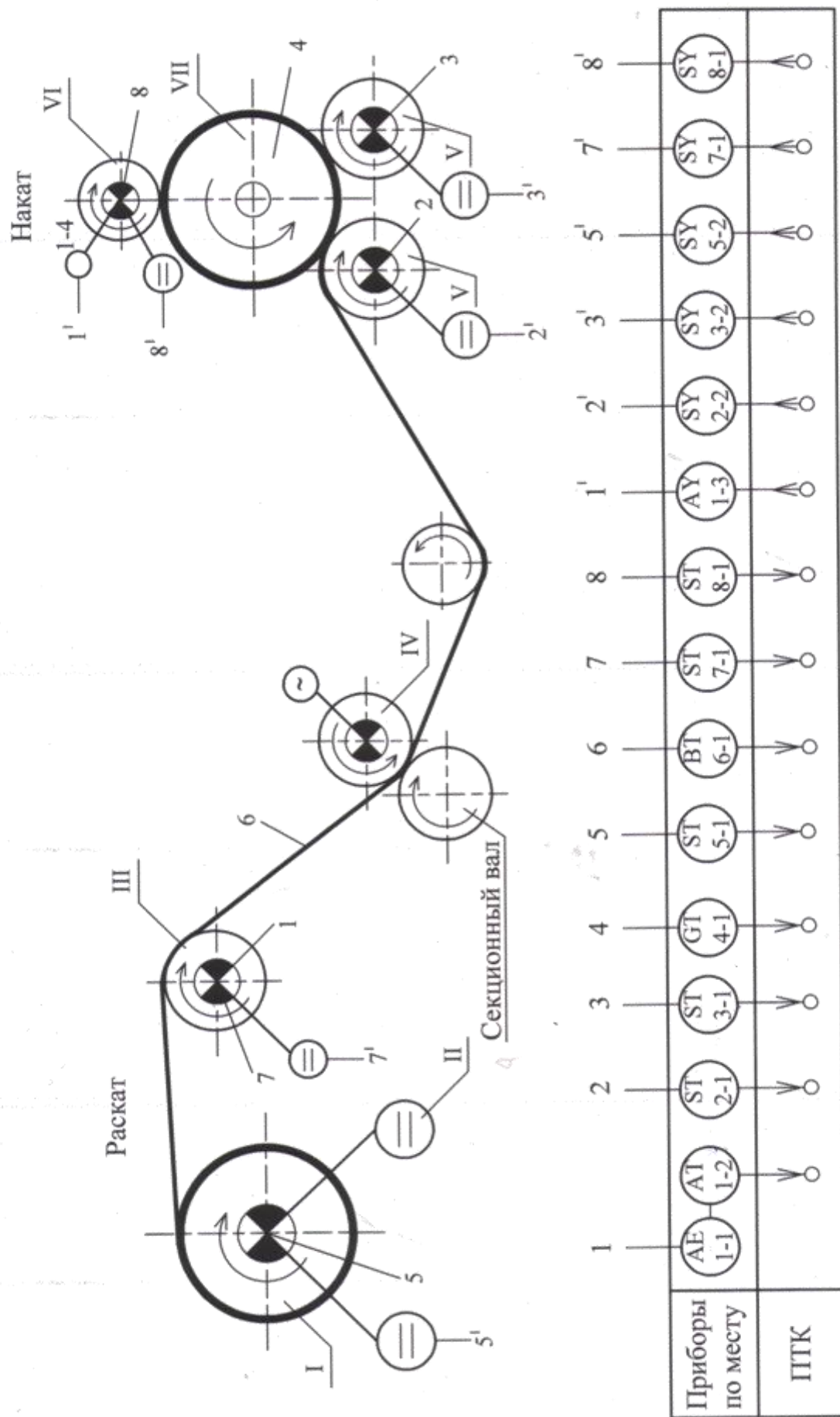


Рис. 23. Функциональная схема автоматизации ПРС «WARTSILA» KL 1000V для офсетной бумаги

Кромки бумаги при резке удаляются сжатым воздухом. Для разделения между собой полос бумаги служат разгонная труба и разгонные линейки.

При заправке станку дается минимальная скорость. После того, как бумажное полотно заправлено и натянуто, опускается прижимной вал и защитное ограждение. Далее скорость станка постепенно увеличивается до рабочей, которая поддерживается постоянной до конца процесса намотки. При достижении заданного диаметра станок тормозится и останавливается. Поднимается прижимной вал и защитное ограждение, намотанные рулоны сталкиваются на транспортер и станок снова заправляется.

Целью автоматизации ПРС является обеспечение равномерной и заданной плотности намотки, гладкости торцевых поверхностей рулонов, легкого разделения рулонов, снижения обрывности полотна. Неплотный рулон легко деформируется и теряет округлую форму. Очень важно, чтобы плотность намотки не изменялась от центра к периферии.

Снижение обрывности полотна можно достичь с помощью системы управления натяжением полотна.

Система автоматизации ПРС включает следующие системы автоматики:

1, 2, 3 – САУ натяжением полотна и плотностью намотки (измерение натяжение на правочном валу, управление усилием прижима прижимного вала и соотношением скоростей несущих валов);

4 – АСК радиуса наматываемых рулонов;

5 – САУ скоростью раската;

6 – АСК наличия полотна и АСС обрыва полотна;

7, 8 – САУ скоростью правочного и прижимного валов.

Все САУ скоростей (2, 3, 5, 7, 8) взаимосвязаны и управление приводами производится с помощью цифровых преобразователей постоянного тока SIMOREG DC MASTER 6RA70 фирмы «Siemens». SIMAREG DC MASTER 6RA70 – это семейство компактных микропроцессорных преобразователей постоянного тока.

На ПРС целесообразно устанавливать два одностипных программно-логических контроллера, например, SIMATIC S5-95U фирмы «Siemens». Один – для управления раскатом, второй – для управления накатом, в том числе и для управления пуском и остановом ПРС.

В целом система автоматического управления ПРС – это супервизорная система управления, предназначенная для управления натяжением, нагрузкой прижимного вала и соотношением полезного крутящего момента между передним и задним несущими валами. Это соотношение может изменяться от 50/50 до 80/20 и соответствующая разность натяжения полотна на несущих валах дает возможность управлять структурой рулона. Например, более плотная начальная намотка может быть обеспечена передачей некоторой доли крутящего момента с заднего вала на передний в начале цикла наматывания [4,8].

ВЫБОР ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Измерительные преобразователи (ИП) для систем автоматизации выбираются по следующим показателям.

1. Требуемая точность измерения параметра.
2. Характеристики измеряемой среды.
3. Допускаемые инерционность измерения для ИП температуры и временная дискретность выдачи результатов измерения для экспресс - анализаторов.
4. Область применения и рекомендации производителя.

Измерение температуры

Для температуры от 0-180 °С рекомендуются термопреобразователи сопротивления медные с выходным аналоговым сигналом 4-20 мА и цифровым выходом RS-485. Тепловая инерционность 8-30 с.

Для температуры от 0-500 °С рекомендуются термопреобразователи сопротивления платиновые с выходами 4-20 мА и RS-485. Тепловая инерционность 40 с.

Для температуры в диапазоне 600-1000 °С рекомендуются термоэлектрические преобразователи хромель-алюмелевые с аналоговыми выходными сигналами. Тепловая инерционность 8, 20, 30, 40 с.

Для температуры в диапазоне 500-2000 °С рекомендуются оптические и одноцветные пирометры, а температуры в диапазоне 500-3000 °С - одноцветные оптоволоконные пирометры.

Измерение давления

Для избыточного давления от 0,04 кПа до 100 МПа разрежения от 0,04 до 630 кПа применяются интеллектуальные пьезорезистивные ИП с выходными сигналами 4-20 мА и интерфейсом RS-485.

Измерение уровня

Для измерения уровня (в пересчете на гидростатическое давление от 4 до 250 кПа) рекомендуются ИП гидростатического давления на пьезорезистивном эффекте.

Для измерения уровня с учетом характеристики среды применяют следующие ИП:

- ультразвуковые для диапазона 0,25-8 м, температура среды $-40 \div +120$ °С, среда – вязкие, неоднородные, выпадающие в осадок, взрывоопасные, агрессивные жидкости, сыпучий и кусковой материал;
- радарные для диапазона 0,6-30 м, температура среды $-40 \div +250$ °С, среда – пенообразные, аэрированные, вязкие взвеси, клеи, смолы, пасты, полимеры, сыпучие материалы;
- емкостные для диапазона 0,3-25 м, температура среды $-40 \div +200$ °С, среда – жидкости, пульпы, сыпучие и вязкие вещества в условиях

образования конденсата и высокой запыленности.

Измерение белизны бумаги и целлюлозы

Рекомендуются оптические ИП для диапазона 5-96 % по ISO.

Измерение расхода жидких сред

Рекомендуются следующие ИП:

- электромагнитные для электролитов, давление среды до 2,5 МПа, температура среды $5 \div 150$ °С, скорость движения среды в трубопроводе 0,15-12 м/с, условный диаметр трубопровода $D_y=32-200$ мм, среда - невзрывоопасная, в том числе пульпы с мелкодисперсными твердыми частицами (волокнистые суспензии);
- ультразвуковые в трубопроводе, $D_y=10-4200$ мм, температура среды $-10 \div +180$ °С, давление среды до 2,5 МПа, среда – нефть, нефтепродукты, масла;
- пьезорезистивные ИП перепада давлений в комплекте с диафрагмами, $D_y=50-1200$ мм, давление среды 0,6-4 МПа, среда – насыщенный и перегретый пар.

Измерение концентрации волокнистой суспензии в трубопроводе

Рекомендуются следующие ИП:

- микроволновые бесконтактные для диапазона 0-50 %, температура среды $5-50$ °С, $D_y=20-300$ мм, давление среды ≤ 1 МПа, точность $\pm 0,01$ - $\pm 0,02$ % концентрации;
- работающие на принципе «обтекания» для диапазона $0,7 \div 16$ %, температура среды ≤ 60 °С, скорость среды $0,5 \div 8$ М/с, $D_y = 80 \div 125$ мм, среда – несортированная и сортированная бумажная масса, термомеханическая и дефибрерная древесная масса, макулатурная масса;
- роторные для диапазона 1-16 %, скорость среды 0-5 м/с, точность $0,005 \div 0,003$ % концентрации;
- инфракрасные для диапазонов 0,01-3,5; 0,01-7; 0,01-12 %;
- оптические для диапазона 0,01-16 %.

Измерение степени помола волокнистой суспензии

Рекомендуются экспресс-анализаторы с пробоотборниками суспензии из трубопровода, основанные на фильтрационных свойствах волокнистой суспензии и скорости её обезвоживания для диапазона 15-98 °ШР с дискретностью выдачи результата измерения 4 и 2 мин.

Измерение концентрации остаточных химикатов

Рекомендуются ИП, основанные на измерении электропроводности химических растворов в процессах отбеливания целлюлозы, древесной массы и пропитки химикатами древесной щепы.

Измерение влажности бумажного, целлюлозного полотна и других материалов

Рекомендуются следующие ИП:

- микроволновые для диапазона 4-12 % с коррекцией по температуре окружающего воздуха и массе 1 м^2 , среда – бумажное и картонное полотно;
- инфракрасные для диапазона 0-50 %, среда – бумажное, картонное, целлюлозное полотно, непрозрачные пленки, сыпучий материал, стружка, щепа, ДВП, ДСП.

Измерение массы 1 м^2 (поверхностной плотности), зольности и толщины бумажного и картонного полотна

Рекомендуются следующие ИП.

Для измерения массы 1 м^2 : радиоактивные в диапазоне 40-1200 г/м²; инфракрасные в диапазоне 10-250 г/м².

Для измерения зольности: радиоактивные в диапазоне 0-30 %; инфракрасные в диапазоне 0,5-25 %.

Для измерения толщины: индуктивные в диапазоне 10-1000 мк [8].

Измерительные преобразователи для общепромышленных и специальных параметров подробно представлены в учебном пособии по дипломному проектированию [4]. Далее будут рассмотрены некоторые новые преобразователи для специальных параметров в ЦБП зарубежных производителей.

Усовершенствованные измерительные преобразователи для специальных параметров

Измерительный микроволновый преобразователь Valmet IQ Dryness для формующей части БДМ и КДМ

Предназначен для измерения толщины слоя воды на полотне и сухости полотна, нечувствителен к электрической проводимости, может использоваться для всех видов бумажного и картонного полотна.

Точность измерения $\pm 0,005$ мм толщины слоя воды или относительная погрешность ± 1 %, диапазон измерения 0–15 мм воды.

В измерительном блоке вводится компенсация по температуре, массе сетки и массе 1 м^2 бумажного/картонного полотна.

Питание: 220 В, 50/60 Гц, 2 кВт, приборный воздух 0,1–0,6 МПа, 150 л/мин, максимальная температура 70 °С.

Выход: Ethernet, Modbus.

Производитель: «Valmet», Финляндия [18].

Измерительный микроволновый преобразователь концентрации бумажной массы A444

Предназначен для непрерывного измерения концентрации целлюлозной и макулатурной массы в технологическом потоке. Принцип действия основан на прецизионном измерении диэлектрической проницаемости водной суспензии в микроволновом диапазоне. Показания не зависят от скорости потока, длины волокна, степени помола, белизны, цветности и типа бумажной массы. Может надежно работать для измерения концентрации макулатурной массы непосредственно после гидроразбивателя.

Может быть укомплектован специализированным блоком индикации. Блок индикации предназначен для отображения текущего значения концентрации, температуры, проводимости, формирования трендов концентрации и настройки преобразователя.

Диапазон измерения 0–16 %, точность $\pm 0,02$ %, температура измеряемой среды 5–95 °С, давление 0,15–0,8 МПа, проводимость 0–12 мСм/см. Температура окружающей среды 0–50 °С. Выход 4–20 мА. Может устанавливаться на трубопроводах $D_y=80,100,150,200,250,300$ мм.

Измерительный микроволновый преобразователь концентрации твердых частиц (илистого осадка) в сточных водах A444W

Показания не зависят от вида входящих в сточные воды твердых веществ, их размера и скорости потока. Техническая характеристика такая же как и у A444.

Измерительный инфракрасный преобразователь влажности и массы 1 м² бумажного полотна A418

Применяется в составе системы управления БДМ для санитарной бумаги, в составе БДМ после прессовой части, перед клеильным прессом, в составе гофроагрегата.

Диапазоны измерения влажности: 0–15 % (точность $\pm 0,5$ %), 15–80 % (точность $\pm 1,0$ %).

Диапазон измерения массы 1 м² до 50 г/м². Точность измерения от $\pm 0,1$ % до $\pm 0,5$ %.

Автоматизированная система контроля качества бумажного полотна (QCS) A-3000

Предназначена для контроля продольного и поперечного профилей качественных параметров бумажного (картонного) полотна. Система также

является источником данных для системы управления технологическим процессом БДМ (КДМ).

Механическая часть системы предназначена для перемещения измерительных преобразователей по всей ширине бумажного (картонного) полотна.

Техническая характеристика механического (сканирующего) 1200–6300 мм, точность перемещения кареток $\pm 0,1$ мм, точность определения координат кареток $\pm 0,5$ мм, угол синхронного поворота кареток $\pm 30^\circ$, рабочий зазор для измерительных преобразователей 12 мм, скорость линейного перемещения кареток 0–0,5 м/с, мощность асинхронного приводного электродвигателя $\leq 0,5$ кВт, температура окружающего воздуха от $+5$ до $+60^\circ\text{C}$, влажность окружающего воздуха до 100 %.

В состав измерительной части системы включены интеллектуальные микропроцессорные измерительные преобразователи влажности (инфракрасный или микроволновой), массы 1 м^2 (радиоизотопный или инфракрасный), зольности (радиоизотопный), толщины (индуктивный на воздушной подушке).

Все преобразователи объединены в общую шину Fieldbus по стандарту CANOpen. Соединение с сервером системы происходит по стандарту TCP/IP, что позволяет включить в один сегмент до 16 сканирующих устройств. Для интеграции в системы управления система QCS может быть опционально дополнена любым интерфейсом Fieldbus. Опционально система может быть также представлена в сетевом сегменте предприятия как OPC–сервер (соответствие OPC Foundation) и как база данных, открытая для предоставления информации по выработанной продукции стандартизированными SQL–запросами [11].

Интеллектуальные микропроцессорные измерительные преобразователи

Измерительный микроволновый преобразователь влажности бумажного (картонного) полотна A313CAN

Принцип работы основан на существенном различии характеристик воды и сухих компонентов, входящих в состав бумажного (картонного) полотна, в микроволновом диапазоне частот электромагнитного поля. Конструктивно преобразователь выполнен в виде модулей, устанавливаемых на верхней и нижней платформах сканирующего устройства, которые образуют своей формой микроволновый резонатор. В резонаторе создаются два типа колебаний электромагнитных волн, одно из которых взаимодействует с бумажным (картонным) полотном, а у второго такого взаимодействия нет. При нахождении в зазоре резонатора бумажного (картонного) полотна происходит изменение его электродинамических свойств, которые зависят от влажности и массы 1 м^2 . Вычисление влажности

производится с использованием информации от радиоизотопного измерительного преобразователя массы 1 м^2 , входящего в состав системы контроля качества QCS. Применяется для бумажного (картонного) полотна с массой 1 м^2 в диапазоне $250\text{--}1000 \text{ г/м}^2$.

Техническая характеристика: диапазон измерения $1\text{--}12 \%$, точность измерения $\pm 0,2 \%$ влажности, температура полотна до 50°C , температура окружающей среды от $+5$ до $+50^\circ \text{C}$, питание $+ 24 \text{ В}$, мощность не более 7 Вт , выход $4\text{--}20 \text{ мА}$.

*Измерительный радиоизотопный преобразователь массы 1 м^2
бумажного (картонного) полотна A361CAN*

Принцип работы основан на измерении энергии потока радиоактивного излучения, прошедшего через бумажное (картонное) полотно. В качестве радиоактивного источника используется изотоп криптон 85 (Kr 85).

Автоматически вводится поправка на изменение плотности воздуха. Конструкция преобразователя минимизирует влияние на выходной сигнал зольности бумажного полотна и места его расположения в измерительном зазоре за счет уменьшения влияния эффекта рассеивания электронов.

Техническая характеристика: диапазон измерения $40\text{--}700 \text{ г/м}^2$, точность измерения $\pm 0,2\text{--}0,5 \text{ г/м}^2$, рабочий зазор между блоками излучения и детектирования 12 мм , питание $+ 24 \text{ В}$, температура окружающего воздуха от $+5$ до $+50^\circ \text{C}$, влажность воздуха при температуре $\leq 35^\circ \text{C}$ без конденсации влаги до 80% .

*Измерительный радиоизотопный преобразователь массы 1 м^2
бумажного (картонного) полотна A362CAN*

В качестве радиоактивного элемента применяется изотоп прометий 147 (Pm 147). Массовый коэффициент ослабления энергии β -излучения прометия 147 в $5,17$ раз больше криптона 85. Это позволяет использовать измерительный преобразователь с высокой эффективностью для измерения массы 1 м^2 тонких бумаг до 200 г/м^2 .

Техническая характеристика: диапазон измерения $10\text{--}180 \text{ г/м}^2$, точность измерения $\pm 0,05 \text{ г/м}^2$, рабочий зазор между блоками излучения и детектирования 12 мм , питание $+ 24 \text{ В}$, температура окружающего воздуха от $+5$ до $+50^\circ \text{C}$, влажность воздуха при температуре $\leq 35^\circ \text{C}$ без конденсации влаги до 80% .

*Измерительный радиоизотопный преобразователь зольности
бумажного (картонного) полотна A365CAN*

Основан на использовании «мягкого» рентгеновского излучения изотопа Fe 55. В отличие от β -излучения, рентгеновское излучение в основном поглощается минеральными наполнителями типа каолин, диоксид титана, карбонат кальция, используемыми при производстве бумаги.

Техническая характеристика: диапазон измерения 0–30 %, точность измерения 0,2–0,8 % (белая глина), 0,15–0,8 % (мел), масса 1 м² бумажного полотна 50–200 г/м², рабочий зазор между блоками излучения и детектирования 12 мм, температура окружающего воздуха от +5 до +50 °С, влажность воздуха при температуре ≤ 35 °С без конденсации влаги до 80 %.

*Измерительный радиоизотопный преобразователь толщины бумажного
(картонного) полотна на воздушной подушке A357CAN*

Принцип работы основан на индукционном резонансном методе. Преобразователь представляет собой электромагнитную резонансную цепь, состоящую из катушки индуктивности и подвижного ферритового диска, размещенных по обе стороны бумажного (картонного) полотна. В зависимости от толщины полотна изменяется резонансная частота цепи. Катушка индуктивности и ферритовый диск контактируют с полотном не непосредственно, а через воздушную подушку. Это позволяет уменьшить износ поверхностей верхней и нижней головок преобразователя, в которых соответственно размещены катушка индуктивности и ферритовый диск.

Имеется термокомпенсация частоты электромагнитной резонансной цепи. Измеряемая толщина бумажного (картонного) полотна до 700 мк.

Производитель: ООО «Аквар– Систем», Беларусь [11].

*Измерительный интеллектуальный лопаточный преобразователь
концентрации массы Valmet SP*

Выпускается взамен преобразователя SMART-PULP фирмы Metso Automation.

В комплект входит интерфейс пользователя- центральный блок управления преобразователя TCU. Выпускается 8 модификаций с лопатками различной формы. Диапазон измерения 0,7–16 %, скорость потока в трубопроводе 0,1–8 м/с, температура измеряемой среды 0– +120 °С, давление до 2,5 МПа. Выходной сигнал 2-проводный, 4–20 мА, HART, питание 18–35 В пост. тока (модификация Valmet SP MA).

Вводится компенсация влияния температуры массы и окружающей среды. Компенсация влияния вибрации трубопровода обеспечивается масляным демпфером.

*Измерительный интеллектуальный микроволновый преобразователь
концентрации массы Valmet MCA*

Выпускается взамен преобразователя LQ-500 фирмы Kajaani Process Measurements (KPM).

Устанавливается в трубопроводе. Имеются 2 модификации: Valmet MCA-F – с погружаемым (вилочным) сенсором, Valmet MCA-FT – с проточным сенсором. В Valmet MCA-F СВЧ-антенны смонтированы в корпусе сенсора, который устанавливается на трубопроводе через переходник. На конце сенсора находится излучающая антенна и платиновый термодатчик Pt-100. Приемная антенна устанавливается в основании корпуса.

Сенсор Valmet MCA-FT выпускается в шести различных типоразмерах от FT-50 до FT-300 для применения в трубопроводах различного диаметра: 50, 100, 150, 200, 250 и 300 мм. Корпус проточного сенсора представляет собой трубу, которую при монтаже сенсора заменяют на соответствующую часть трубопровода процесса. СВЧ-антенны конструктивно расположены на противоположных сторонах корпуса сенсора и, таким образом, измерения осуществляются в направлении поперечного сечения трубы.

Диапазон измерения 0–16 %. Измеряемая среда: температура 0–100 °С, рН от 11,5 до 25, давление 0,15–1,6 МПа (датчик FT) и 0,15–2,5 МПа (датчик F). Температура окружающей среды от –20 до + 70 °С, вибрация трубопровода 10–2000 Гц. Выходы 4–20 мА, HART.

*Измерительный интеллектуальный роторный преобразователь
концентрации массы Valmet Rotary*

Выпускается взамен преобразователя KC-5 фирмы Kajaani Process Measurements (KPM).

Имеется компенсация внешней и внутренней температуры среды, а также частоты вращения сенсора. Диапазон измерения 1,5–18 %, температура измеряемой среды 0–120 °С, скорость потока 0,3–5 м/с, рН от 1,5 до 13, вибрация 10–2000 Гц, точность ±0,01 %. Электропривод: модель MD –питание от контроллера электродвигателя (TCU), мощность 0,35 кВт, модель BD –питание 200–690 В (3-фазный переменный ток), мощность 0,25 кВт. Выход 4–20 мА, HART.

*Измерительный интеллектуальный оптический преобразователь
концентрации массы Valmet LC*

Выпускается взамен преобразователя LC-100 фирмы Metso Automation. В комплект входит датчик и центральный блок управления TCU. Устанавливается на отводе от основного трубопровода. Диапазон измерения 0–1,5 %, точность 0,01 %. Температура процесса от + 10 до + 60 °С, давление

до 0,7 МПа, вибрация 100–500 Гц, температура окружающей среды от +5 до + 60 °С. Выход 4–20 мА, HART.

*Измерительный интеллектуальный оптический преобразователь
концентрации массы Valmet OS*

Выпускается взамен преобразователя SMART LX фирмы Metso Automation.

Модификация Valmet OCLX устанавливается на основном трубопроводе. Диапазон измерения 0,5-7 %, точность $\pm 0,01$ %, скорость потока от 0,3 м/с, температура потока 0–120 °С, pH от 3 до 10, давление до 2,5 МПа, вибрация 10 – 2000 Гц, температура окружающей среды от –20 до +60 °С. Выход 4-20 мА, HART.

Производитель: «Valmet», Финляндия [18].

ВЫБОР ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА

Исполнительное устройство (ИУ) состоит из регулирующего органа (РО) и привода РО– исполнительного механизма (ИМ).

Регулирующий орган (клапан) и исполнительный механизм выбираются на основе сформулированных требований, учитывающих особенности технологического процесса.

При выборе клапана требуется учитывать его коэффициент пропускной способности с учетом особенностей среды, вида расходной характеристики, уровня кавитации, конструктивных особенностей клапана и вида движения его затвора.

Для расчета коэффициента пропускной способности клапана могут быть использованы различные методы как традиционные, так и специальные на основе разработок компаний, производящих клапаны. Например, компания Metso при выборе клапанов применяет программный пакет NelProf.

Необходимо ясно представлять, что правильный выбор клапана в значительной степени будет определять качество процесса управления в разрабатываемой САУ. Кроме того, важно правильно выбрать рабочий диапазон клапана и оценить влияние возмущений на расходную характеристику клапана, которые могут привести к изменению коэффициента передачи клапана в процессе работы САУ. Это в свою очередь вызовет ухудшение качества процесса управления технологическим параметром.

При выборе исполнительного механизма необходимо учитывать следующие факторы:

- вид «ветви» ГСП (электрическая, пневматическая или гидравлическая);

- вид движения затвора регулирующего органа;
- величину движущего момента или усилия на перемещение затвора регулирующего органа;

- конструктивные особенности регулирующего органа;
- алгоритм управления в САУ.

Основные рекомендации при выборе ИМ:

- учитывать особенности технологического процесса или производства (наличие вибраций, запыленности воздуха, высокой температуры и пр.);

- учитывать наличие на производстве воздуха для устройств пневмоавтоматики;

- использовать непосредственные связи для соединения выходного элемента ИМ (штока или вала) с затвором регулирующего клапана;

- величина движущего момента или усилия привода ИМ должна обеспечивать необходимую скорость, ускорение и величину перемещения затвора регулирующего клапана;

при выборе преобразователя для ИМ в САУ необходимо учитывать вид выходного сигнала с ПЛК.

В качестве примера рассмотрим вариант САУ с однооборотным электрическим ИМ типа МЭО. Отечественная промышленность выпускает МЭО двух видов: рычажные и фланцевые. В первом случае в САУ необходимо использовать специальные тяги (кинематические соединения) для сочленения МЭО с регулирующим органом. Такие САУ не могут обеспечить, как правило, высокой точности регулирования из-за возможных люфтов в тягах. Во втором случае в САУ используется непосредственное соединение МЭО с регулирующим органом. Эти системы обеспечивают лучшую точность, а также удобнее в эксплуатации. Электрические исполнительные механизмы МЭО применяются с тиристорными усилителями трехпозиционного типа ФЦ или пускателями бесконтактными реверсивными типа ПБР.

В качестве другого примера рассмотрим САУ с электрическим прямоходным ИМ типа МЭП. В этом случае в системе необходимо использовать регулирующий орган с прямоходным движением, например, односедельчатый или двухседельчатый. Электрические исполнительные механизмы типа МЭП также применяются с тиристорными усилителями трехпозиционного типа ФЦ или пускателями бесконтактными реверсивными типа ПБР.

Рассмотрим пример САУ с пневматическим ИМ. В зависимости от вида регулирующего органа (поворотный или прямоходный) могут использоваться различные пневмоприводы, обеспечивающие непосредственное соединение с регулирующим органом. В качестве преобразователей для ИМ могут применяться электропневматические преобразователи или электропневматические позиционеры. Если к САУ предъявляются повышенные требования к точности управления, тогда рекомендуется использовать электропневматические позиционеры. В

последнее время в САУ находят все большее применение цифровые (SMART) позиционеры фирмы Metso [8].

Регулирующие органы и исполнительные механизмы различных типов и производителей подробно представлены в учебном пособии по дипломному проектированию [4]. Далее рассмотрим некоторые новые исполнительные устройства и позиционеры для ИМ зарубежных производителей.

ИУ (массный клапан) A381

Массный клапан A381 предназначен для установки на трубопроводе волокнистой массы, поступающей в напускное устройство БДМ, при работе в контуре САУ массой 1 м² бумажного полотна. В комплект массного клапана входят РО, ИМ и блок управления. РО –поворотная дисковая заслонка, ИМ включает реверсивный электропривод, редуктор и датчик абсолютного положения РО, закрепленный непосредственно на валу РО, позволяющий исключить влияние люфтов редуктора и электропривода на точность позиционирования.

Блок управления выполняет функции индикации степени открытия РО, установки заданной величины его открытия и формирования сигналов управления электроприводом. Технические характеристики: $D_y=80-200$ мм, угол поворота заслонки 90°, количество градаций положения РО 1000, точность позиционирования 0,1 %, питание 220 В, выход 4–20 мА, RS–485 [11].

Усовершенствованные цифровые (SMART) позиционеры

Интеллектуальный позиционер (клапанный контроллер)

ND9100H Metso Automation

Клапанный контроллер применяется как с поршневыми, так и с мембранными пневматическими приводами для поворотных и линейных клапанов.

Базой интеллектуального клапанного контроллера ND9100H является микроконтроллер с питанием 4–20 мА. Контроллер работает даже при входном сигнале 3,6 мА, передача данных осуществляется через HART. Прибор имеет локальный интерфейс пользователя для настройки на местах. К ND9100H или контуру управления можно подсоединить компьютер с программой FieldCare.

32-битовый микроконтроллер регулирует положение клапана, проводя измерения входного сигнала, положения клапана с помощью бесконтактного сенсора, давления привода (два независимых измерения), давления питания, положения золотникового клапана, температуры прибора (рис. 24).

После подключения электрического сигнала и давления питания микроконтроллер (μC) следит за входным сигналом, сенсором положения

клапана (α), сенсорами давления (P_s , P_1 , P_2) и сенсорами положения золотника (SPS). Контрольный алгоритм в микроконтроллере определяет разницу между входным сигналом и сигналом сенсора положения клапана (α). На основании данных сенсоров и входного сигнала микроконтроллер рассчитывает новое значение силы тока для обмоток клапана предварительного регулирования (PR). Изменение силы тока в PR понижает давление в золотниковом клапане (SV). Уменьшение давления перемещает золотник, при этом соответственно меняются давления в приводе. Золотник

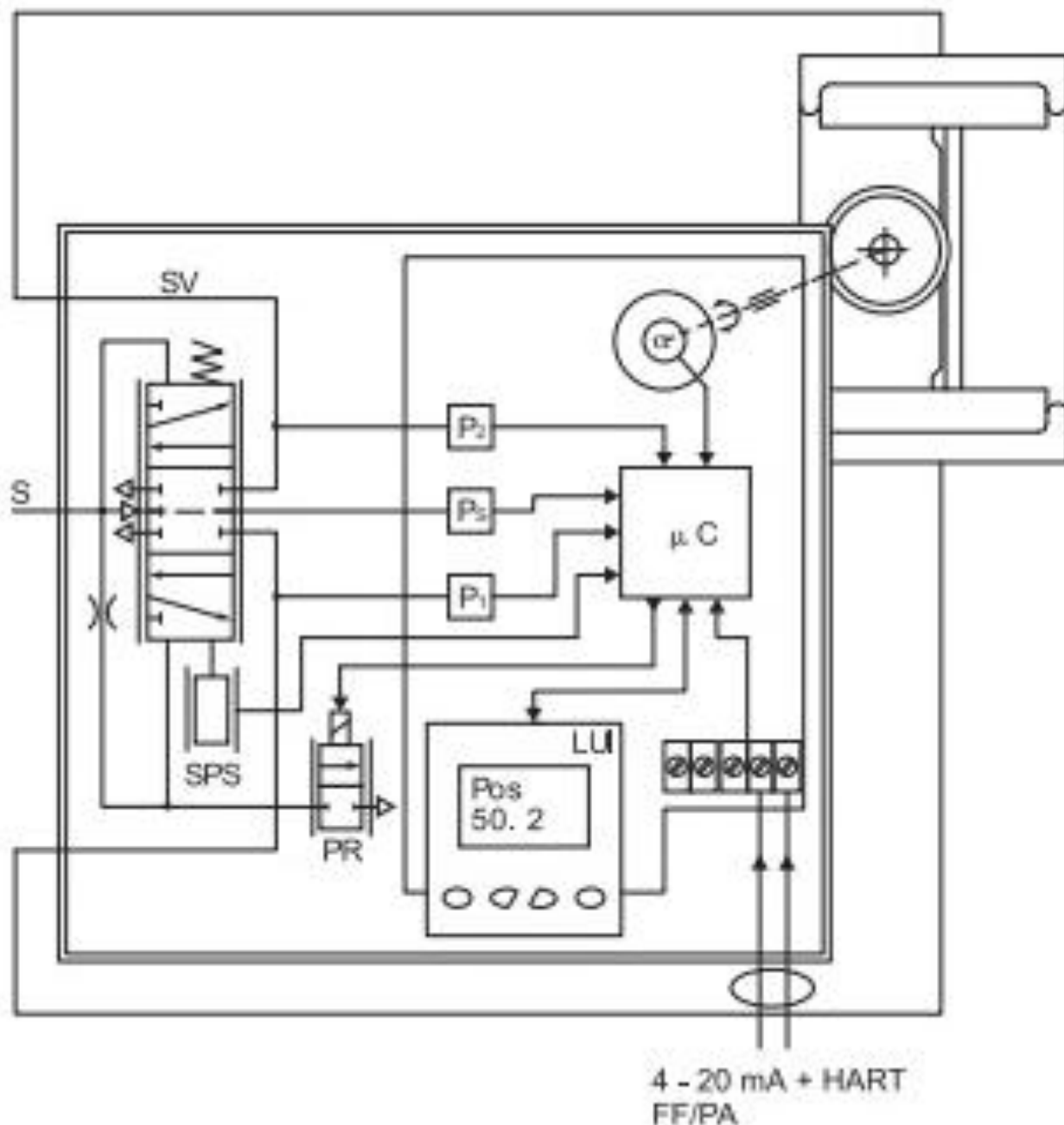


Рис. 24. Схема интеллектуального клапанного контроллера ND9100H

открывает входящему воздуху доступ в ведущую часть привода с двойной мембраной, а выходящему воздуху – выход с противоположной стороны привода. Растущий перепад давления перемещает поршень диафрагмы,

поворачивая привод и ось обратной связи по часовой стрелке. Сенсор положения (α) передает сведения об угле поворота на микроконтроллер. Микроконтроллер рассчитывает по контрольному алгоритму новое значение управляющего тока на PR до тех пор, пока положение привода не будет соответствовать входному сигналу.

Клапанный контроллер может быть двойного или одностороннего действия. Диапазон перемещения клапана: линейного 10-120 мм, поворотного 45 - 95°.

Входной сигнал 4–20 мА, питание пневматическое 0,14–0,8 МПа, рабочее напряжение до 9,7 В пост. тока, напряжение максимальное 30 В пост. тока, диапазон температур от –40 до +85 °С, влияние температуры на положение клапана 0,5 % /10 °К, коммуникации: HART, Profibus PA, FOUNDATION, Fieldbus.

Производитель: «Metso», Финляндия [13].

Интеллектуальный клапанный контроллер NELES NDX

Клапанный контроллер NELES NDX представляет собой микроэлектронное устройство для управления клапанами с сигналом 4–20 мА. На устройстве предусмотрен локальный интерфейс пользователя для настройки и управления. Настройку и управление можно выполнять удаленно через ПК, на котором установлена управляющая программа.

После подключения электрического и пневматического сигналов микроконтроллер (μC) (рис.25) считывает непрерывно следующие параметры: входной сигнал, положение клапана с помощью бесконтактного датчика (α), давление исполнительного механизма (I,II), давление питания (S), температуру окружающего воздуха. Микроконтроллер рассчитывает управляющий сигнал для преобразователя I/P (предварительный каскад). Преобразователь I/P регулирует рабочее давление пневматического реле (выходной каскад).

Пневматическое реле осуществляет перемещение. Давление на положения РО измеряет величину его нового положения. Алгоритм управления микроконтроллера (μC) корректирует сигнал I/P до тех пор, пока исполнительный механизм меняется и приводит к перемещению РО и сенсор положения РО не будет соответствовать значению входного сигнала.

Техническая характеристика: можно использовать для двух настраиваемых дискретных цифровых выходов (DO). Их активация может происходить в зависимости от положения РО. Настройка производится по протоколу HART с использованием Valve Manager (DTM) или EDD.

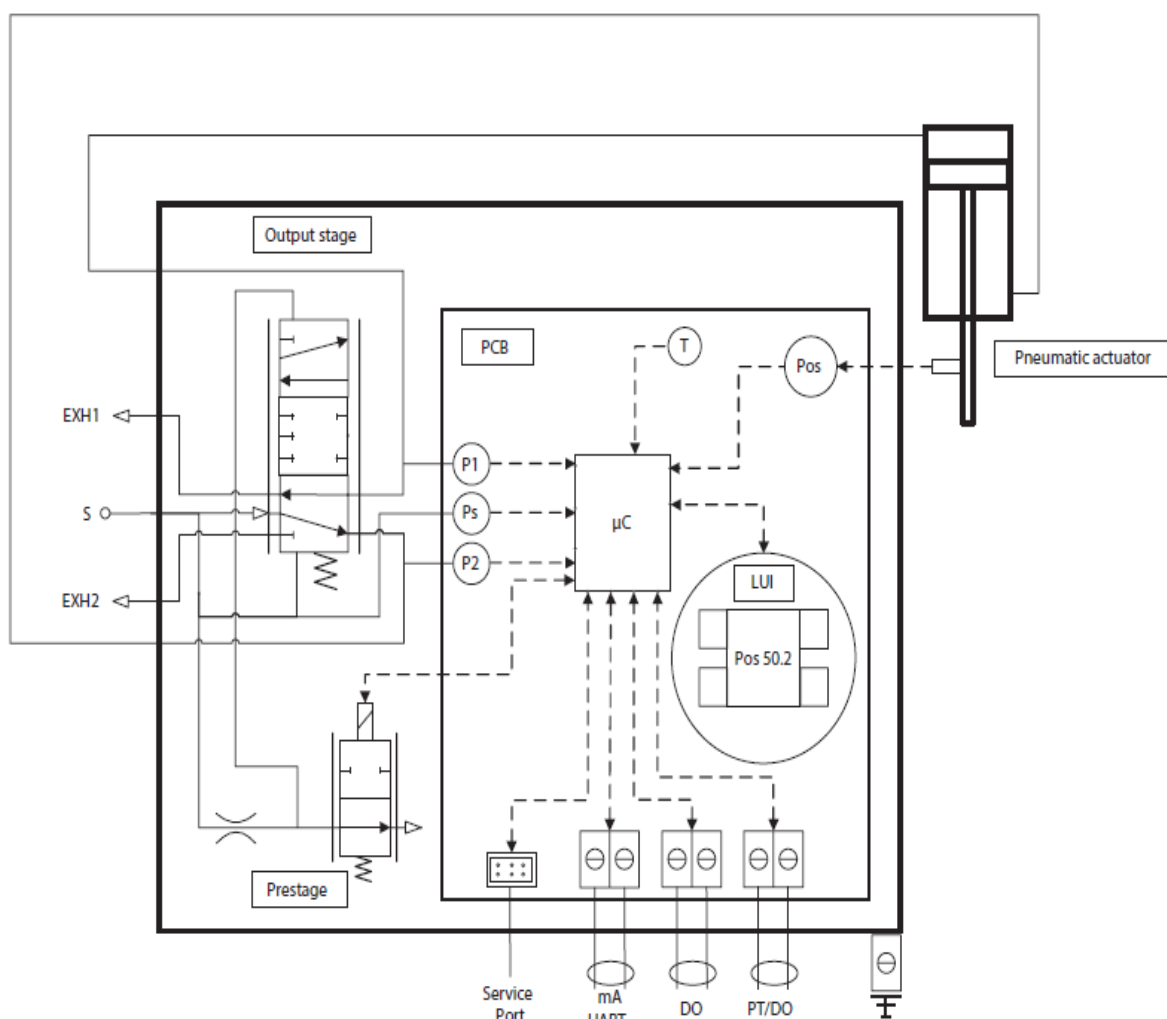


Рис. 25. Схема клапанного контроллера NELES NDX

Производит линеаризацию расходных характеристик РО, имеет совместимость с предыдущими версиями позиционеров и клапанных контроллеров Metso NE700 и ND9000.

Производитель: «Metso», Финляндия [13].

ВЫБОР КОНТРОЛЛЕРА ПТК

В связи с тем, что курсовая работа по А и АПП ЦБП посвящена автоматизации объекта, то в этом разделе требуется выбрать только промышленный контроллер, входящий в состав программно-технического комплекса (ПТК). Промышленные контроллеры подразделяются на: специализированные, моноблочные (компактные), программируемые

модульные (проектно-компонуемые), а также PC-base или PC-совместимые контроллеры.

Среди специализированных контроллеров можно выделить контроллеры СПЕКОН СК, предназначенные для автоматизированного управления в теплоэнергетике, имеющие объектно-ориентированное программное обеспечение, табло и функциональную клавиатуру. На основе этих контроллеров можно создавать децентрализованные АСУ производством, распределением и потреблением тепловой энергии.

Имеется большое разнообразие моноблочных контроллеров для автоматизации небольших объектов в различных отраслях промышленности, среди которых можно выделить Simatic S7-200 («Siemens»), Simatic S7-300C («Siemens»), ТКМ М410 («ТЕКОН»), МС8 комплекса КОНТАР («МЗТА»).

ПТК КОНТАР («МЗТА») применяется для автоматизированного управления процессами вентиляции и кондиционирования воздуха, небольшими котельными и другими объектами в различных отраслях промышленности и строительства. В состав ПТК КОНТАР входит одноплатный контроллер типа МС или MR, модули расширения и модули для связи с сетями Lon и BacNet. В ПТК КОНТАР имеется большое количество «готовых» запрограммированных контроллеров.

При создании АСУТП технологическими процессами и производствами широко используются программируемые модульные контроллеры вместе с SCADA- системами.

Большое применение находят контроллеры фирмы Siemens. *Программируемый контроллер SIMATIC S7-300.* Это модульный программируемый контроллер, предназначенный для построения АСУ низкой и средней сложности. Контроллер SIMATIC S7-300 широко применяется в различных отраслях промышленности благодаря наличию в своем составе: нескольких типов центрального процессора (CPU) различной производительности, различных модулей ввода-вывода аналоговых и дискретных сигналов, функциональных модулей, способных самостоятельно решать задачи автоматического регулирования, и коммуникационных процессоров.

Программируемый контроллер SIMATIC S7-400. Это модульный программируемый контроллер, предназначенный для построения АСУ средней и высокой сложности. Контроллер SIMATIC S7-400 находит широкое применение в различных отраслях промышленности благодаря наличию в своем составе: нескольких модулей центрального процессора (CPU) различной производительности, оснащенных встроенным интерфейсом PROFIBUS-DP, различных модулей ввода-вывода аналоговых и дискретных сигналов, функциональных модулей (FM), способных самостоятельно решать задачи автоматического регулирования, интерфейсных модулей (FM) и коммуникационных процессоров (CP) для организации последовательной передачи данных по PtP интерфейсу, а также сетевого обмена данными.

Модульная конструкция контроллера Siemens SIMATIC S7-400 (гибкие возможности расширения, мощные коммуникационные возможности, простота создания PCY) позволяет решать задачи автоматизации практически любой сложности.

В промышленности также находят применение контроллеры CJ1 и CS1 фирмы Omron (Япония), например, в САУ котлоагрегатами и другими технологическими объектами.

Одним из перспективных направлений является создание АСУ на основе PC-base или PC-совместимых контроллеров, которые характеризуются следующим:

- имеют классическую открытую структуру IBM PC;
- работают под управлением тех же операционных систем, которые используются в PC, например, Windows, Unix, Linux, QNX;
- программирование выполняется на тех же языках, которые используются для разработки ПО для PC.

PC-base или PC-совместимые контроллеры по сравнению с остальными обладают большей производительностью, легче стыкуются с различными SCADA, MES, ERP системами, системами управления базами данных, открыты для большинства стандартов в области коммуникации и программирования, они в среднем дешевле и проще в обслуживании.

PC-base или PC-совместимые контроллеры могут использовать программное обеспечение различных производителей, имеют больший объем памяти, чем традиционные ПЛК, возможности расширения модернизации, а также лучшего диагностирования. Однако эти контроллеры в целом обладают избыточностью вычислительных ресурсов и функций ввиду их универсальности, возможностью зависания с длительным временем рестарта, пониженной надежностью за счет множества компонентов (приложений) на платформе PC.

В промышленности находят применения наряду с зарубежными контроллерами, например, ADAM 4500, ADAM 5510/5511, ADAM -6500 компании «Advantech» (Тайвань), Direct Logic 470 компании «Kooyo Electronics» (Япония) и отечественные: контроллеры «ТЕКОН», контроллер КРОСС-500 (ОАО «АВС ЗЭ и М Автоматизация»).

Линейка контроллеров «ТЕКОН» (многофункциональные контроллеры МФК, МФК 3000, МФК 1500, ТКМ 52, ТКМ 410) охватывает практически все возможные задачи от автоматизации отдельных агрегатов и установок до создания АСУ ТЭС и ТЭЦ.

Контроллер КРОСС-500. Основное назначение контроллера - построение недорогих и надежных АСУ технологическими процессами различных классов (простые и сложные, медленные и быстрые) в различных отраслях промышленности. Контроллер КРОСС-500 является проектно-компонентным изделием, состав которого определяет пользователь в зависимости от решаемых задач.

При выборе контроллера для АСУ необходимо учитывать, что РС-несовместимые контроллеры (специализированные, моноблочные и модульные) лучше учитывают требования, предъявляемые к промышленным системам управления. Они в целом более надежны. В них шире используются возможности связи с различными полевыми шинами. В этой связи они находят более широкое применение в АСУ технологическими процессами и производствами [8].

В связи с тем, что в литературе [4] достаточно подробно изложено описание и архитектура некоторых указанных выше ПЛК, то рассмотрим ПЛК AdvantiX, KP-500M и FX-3U, применяемых для управления небольшими объектами.

Комплекс технических средств (КТС) АСУТП на базе технических средств системы РС-совместимого контроллера AdvantiX IPC-SYS4.

Архитектура связи системы изображена на рис.26. Управляющий контроллер представляет собой промышленный РС-совместимый контроллер с установленными в него платами ввода/вывода дискретных и аналоговых сигналов. В соответствии с этими сигналами управляющий контроллер осуществляет воздействие на исполнительные механизмы. Управляющий контроллер, в свою очередь, соединен с промышленной сенсорной панелью верхнего уровня по сети Ethernet. На этой панели, с помощью SCADA-пакета MasterSCADA, организовано рабочее место оператора-технолога, на котором происходит ввод команд оператора, визуализация работы системы и ведение архивов работы [10].

КТС предназначен для создания систем контроля и управления процессами производств с непрерывной, периодической и смешанной технологией. Комплекс обеспечивает решение практически всех функциональных задач без каких либо ограничений. Надежность аппаратных средств комплекса обеспечивает также возможность их использования для решения задач защиты и блокировки технологического оборудования.

Организация комплекса обеспечивает возможность создания АСУТП с распределенной структурой аппаратных и программных средств. Программные и аппаратные средства комплекса позволяют создавать АСУТП с переменной функциональной и информационной структурой. Комплекс располагает возможностями организации информационного выхода системы на локальные сети международного стандарта. Различия исполнения комплекса определяется количеством

станций оператора, процессорных станций, количеством и типами устройств связи с объектами и др.

Электропитание комплекса осуществляется напряжением переменного тока (220+22;-33)В с частотой (50±5)Гц.

Комплекс обеспечивает прием:

- аналоговых сигналов постоянного тока 0 .. (+5)мА и 4 .. (+20) мА по ГОСТ 26.011 – 80. Входное сопротивление аналогового входа: 1,0 кОм для диапазона 0 .. 5 мА и 250 Ом для диапазона 4 .. 20 мА;

- сигналов от термопар ;

- аналоговых сигналов постоянного тока 0 .. (+5) В. Входное сопротивление аналогового входа, используемого в измерительном канале не менее 1,0 МОм;

- аналоговых сигналов переменного тока 0...50 мВ. Входное сопротивление аналогового входа, используемого в измерительном канале – не менее 1,0 МОм;

- аналоговых сигналов переменного тока 28...140 В. Входное сопротивление аналогового входа, используемого в измерительном канале – не менее 1,0 МОм;

- аналоговых сигналов переменного тока 0...5 А. Входное сопротивление аналогового входа, используемого в измерительном канале – не более 0,2 Ом;

- дискретных сигналов переменного тока 180...240 В. Входное сопротивление – 60 кОм;

- дискретных сигналов переменного тока 3...32 В. Входное сопротивление – 1,8 кОм;

- дискретных сигналов переменного или постоянного тока 35...60 В. Входное сопротивление – 10 кОм;

- двухпозиционных импульсных сигналов типа “сухой контакт”.

Комплекс обеспечивает выдачу:

- аналоговых управляющих сигналов постоянного тока 4...20 мА, сопротивление нагрузки не более 450 Ом;

- дискретных управляющих сигналов потенциального типа ;

- дискретных управляющих сигналов импульсного типа;

- дискретных управляющих широтно-импульсных сигналов.

Дискретные управляющие сигналы обеспечивают управление электрическими цепями:

- переменного тока напряжением 24...280 В и током 0,03...3,5 А;

- постоянного тока напряжением 4...200 В и током 0,02...1,0 А.

Структурное оформление архитектуры системы управления (АРС) обеспечивает:

- взаимодействие (обмен информацией) всех функциональных устройств автоматизированных рабочих мест (АРМ), процессорных контроллеров (ПК) и станций оператора (СО) друг с другом через локальные сети обмена данными (ЛСО);

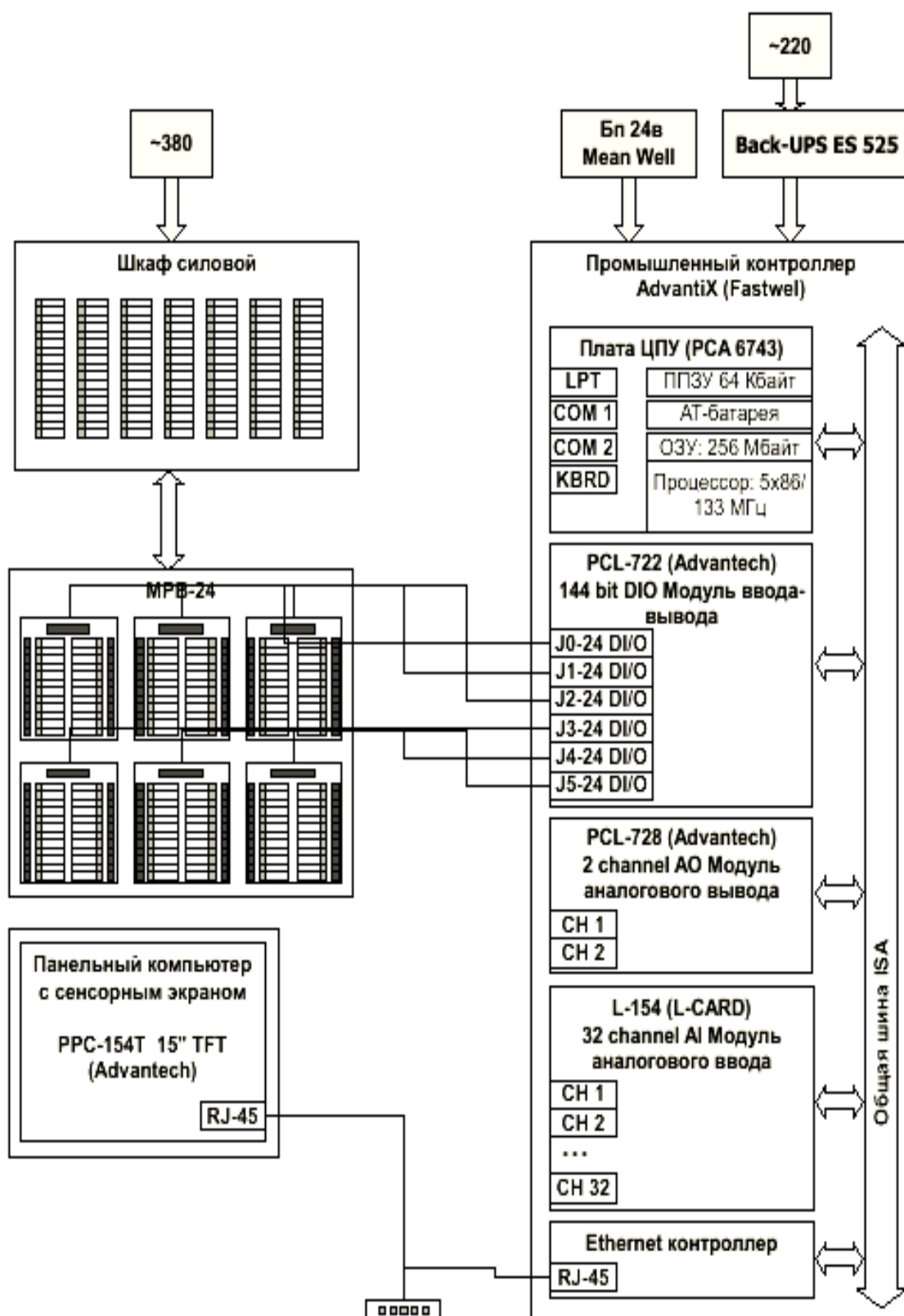


Рис.26. Архитектура связи системы управления

- возможность подключения к ЛСО “интеллектуальных” устройств общепромышленного назначения, персональных компьютеров типа IBM и информационное взаимодействие последних с функциональными устройствами APC.

Аппаратные и программные средства комплекса обеспечивают возможность свободного конфигурирования структуры конкретной реализации системы управления (количество уровней обмена, количество абонентов друг с другом) по проектным данным и их дальнейшей корректировки.

Аппаратные и программные средства комплекса обеспечивают реализацию рабочего места оперативного персонала, которое отвечает современным эргономическим требованиям:

- отображение информации осуществляется в аналого-цифровой и (или) графической форме в цветном изображении;
- в качестве органов управления использованы специализированная функциональная клавиатура и (или) манипуляторы.

Комплекс APC в системе управления обеспечивает возможность реализации следующих функций:

- приема информации от измерительных преобразователей;
- ручного ввода информации;
- обработку информации;
- расчета и формирования управляющих сигналов для исполнительных механизмов пропорционального и интегрального типов;
- решения логических задач управления;
- формирования двухпозиционных управляющих сигналов;
- решения вычислительных задач;
- отображение информации в алфавитно-цифровом и графическом виде в цветном изображении;
- формирование и реализацию сигналов, обеспечивающих оперативное изменение параметров технологического процесса (например, значение уставок управляемых параметров);
- документирования информации о состоянии технологических процессов.

Станции операторов СО имеют в своем составе:

- промышленный вариант IBM совместимого персонального компьютера (CPU типа Pentium-4 с ОЗУ не менее 1Гб);
- цветной графический дисплей – 15” SVGA;
- шкаф автоматики (ША) с вынесенным на него ручным управлением.

В контроллере размещены устройства, обеспечивающие решение задач измерения параметров технологического процесса, регулирования и управления двухпозиционными исполнительными механизмами.

В нижней части ША размещены устройства для герметичного ввода кабелей от датчиков и исполнительных механизмов.

Станция оператора предназначена для выполнения следующих функций:

- централизованного контроля состояния технологического процесса с представлением информации на экране дисплея;
- управления контурами САУ и логическими операциями;
- настройки технических средств на конфигурацию конкретной АСУ ТП.

Оборудование, входящее в состав комплекса, размещается в станциях оператора и в ША.

Техническая структура АСУ ТП

Аналоговые и дискретные сигналы от измерительных преобразователей заводятся на соответствующие модули ввода аналоговых и дискретных сигналов контроллера. Затем сигналы обрабатываются с помощью модуля блока центрального процессора (БЦП). Далее через модуль вывода дискретных сигналов осуществляется управление исполнительными механизмами, установленными на объекте. Также данные от контроллера при помощи протокола Ethernet поступают на АРМ диспетчера. Эти данные поступают через центральный процессор. Таким образом, диспетчер отслеживает текущие параметры технологического процесса на мониторе компьютера (мнемосхема, тренды) и имеет возможность перейти в ручной режим и управлять приводами исполнительных механизмов.

Производитель: ООО «Адвантикс», Россия [10].

Многофункциональный контроллер КР-500

Контроллер КР-500 является дальнейшим развитием контроллеров серии КОНТРАСТ. В его состав входят составные части (микроконтроллеры, блоки), заимствованные из предыдущей модели КР-300И. Преемственность контроллеров КР-500 с предыдущими моделями РК-130, РК-131/300, КР-300 и КР-300И обеспечена возможностью их подключения к единой контроллерной сети МАГИСТР.

Контроллер КР-500 представляет собой комплекс технических средств. В его состав входят:

- блок контроллера БК-500;
- модули связи с объектом (в дальнейшем – модули УСО-Д);
- мини-контроллер;
- микроконтроллеры;
- блоки и принадлежности;
- программные продукты.
- Контроллер КР-500 относится к агрегатированным устройствам. Его состав определяется потребителем в зависимости от решаемых задач.

- Модули УСО-Д осуществляют функции ввода/вывода аналоговых и дискретных сигналов, их обработки и обмена по цифровому каналу с центральным процессором. Модули УСО-Д выполнены в компактных корпусах и могут устанавливаться рядом с блоком БК-500 или на расстоянии до 1,2 км от него (удаленные УСО-Д).
- Мини-контроллер МК-500 предназначен для построения систем автоматизации технологических процессов малого (по числу входов-выходов) уровня сложности.
- Микроконтроллеры – специализированные устройства управления оборудованием. Кроме функции ввода/вывода сигналов, они реализуют алгоритмы управления конкретными устройствами или подсистемами (исполнительными механизмами, задвижками, подсистемами удаленных УСО-Д), получая обобщенные команды от центрального процессора по резервированным цифровым каналам связи.

Перечень блоков и принадлежностей включает в себя преобразователи сигналов, блоки питания, пульт настройки и другие устройства, предназначенные для обеспечения работоспособности и обслуживания контроллера КР-500.

Конструктивное исполнение контроллера в виде комплекта устройств в компактных корпусах, устанавливаемых на стандартной DIN-рейке (большая часть устройств) и соединенных цифровыми интерфейсными каналами, в наибольшей степени соответствует архитектуре распределенных систем управления. В то же время обеспечена возможность создания централизованных систем с размещением всех составных частей в единой оболочке. На рис. 27 представлена типовая блок-схема связи контроллера предыдущей серии РК-130 с объектом управления.

Лицевая панель ЛП предназначена для оперативного управления технологическим процессом в объекте управления.

МАС - модули аналоговых сигналов, *МДА*- модули аналого-дискретных сигналов, *МСД* - модули дискретных сигналов.

МКП- модуль контроля и программирования, обслуживающий клавиатуру и индикаторы лицевой панели и пульта настройки.

МСН-10 –модуль стабилизированного напряжения.

УСО-А, УСО – модули связи с объектом управления, для подключения датчиков и исполнительных механизмов.

БП-1 – блок питания, преобразует сетевое напряжение переменного тока 220 В в стабилизированное напряжение постоянного тока 24 В.

ПН-1 – пульт настройки, предназначен для технологического программирования контроллера и его статической и динамической настройки.

Средства связи с объектом: БУТ-10 – блок усилителей сигналов с термоэлектрических преобразователей температуры (термопар), *БУС-10* – блок усилителей сигналов с термопреобразователей сопротивления,

БУМ-10 — блок усилителей мощности, *БПР-10* — блок переключения, предназначен для коммутации аналоговых или дискретных сигналов.

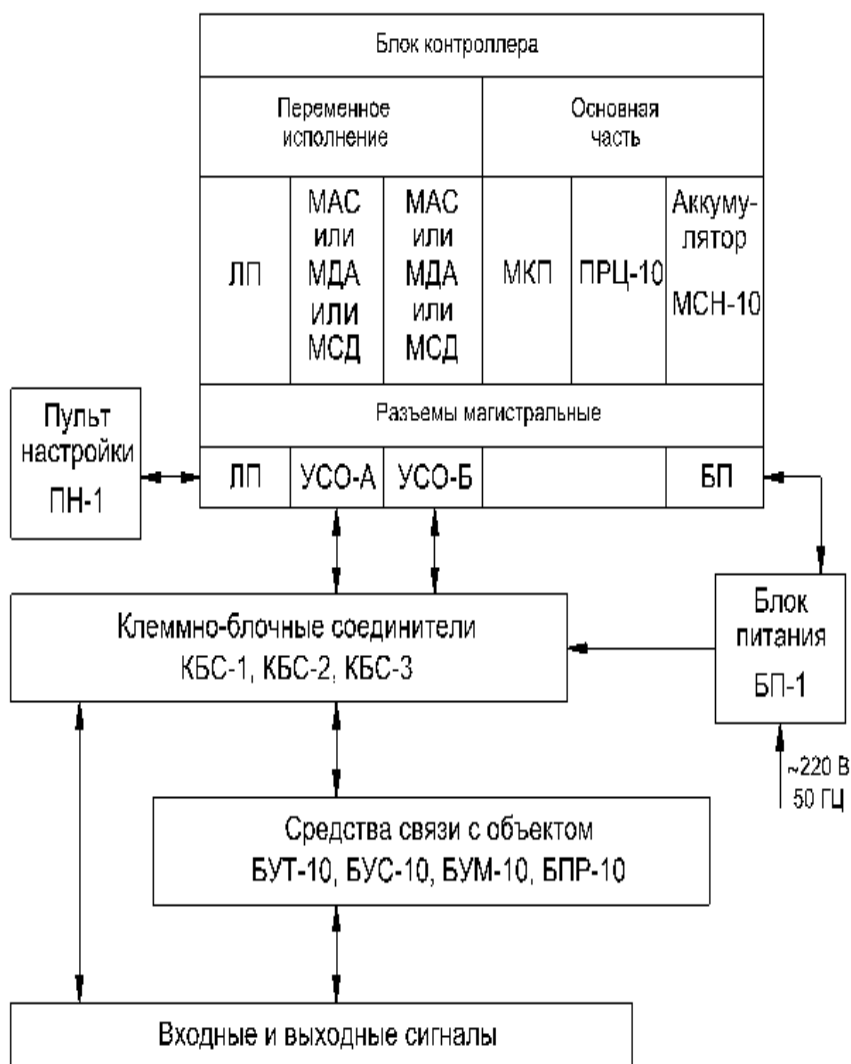


Рис.27. Типовая блок-схема связи контроллера серии РК-130 с объектом управления

Блок контроллера *БК-500* содержит центральный процессор, программа которого в реальном времени ведет обработку цифровой информации и формирование управляющих воздействий, осуществляет связь по сети с другими контроллерами и с компьютерами верхнего уровня управления, выполняет обмен информацией с устройствами, подключенными к каналам полевых сетей, ведет счет календарного времени, выполняет самодиагностику (рис. 28).

Блок *БК-500* в зависимости от исполнения имеет следующие интерфейсные каналы: RS-232/RS-485, до 4 каналов RS-485, Ethernet (опция), USB (опция).

Количество встроенных вх/вых при минимальной и максимальной конфигурации – AI 4-12, DI 8-24, AO 2, DO 4-12, DI/DO 6-18.

Аналоговые сигналы 0-5 мА или 4-20 мА, дискретные сигналы $\approx (24 \pm 6)$ В, максимальный выходной ток 0,3 А.

Плата ПРЦ-Д. На плате ПРЦ-Д размещен центральный процессор контроллера. Плата выполняет следующие основные функции:

- обработка информации по заданным пользователем алгоритмам;
- обеспечение работы контроллера в составе локальной контроллерной сети МАГИСТР с установленной пользователем скоростью;
- обеспечение работы контроллера в составе сети Ethernet;
- связь контроллера с верхним уровнем по шлюзовому каналу с установленной пользователем скоростью;
- ведение календарного времени;
- регистрация технологических параметров по принципу «черного ящика»;
- архивация технологических параметров в твердотельном флэш-диске;
- хранение резидентного программного обеспечения, программ пользователя, констант и коэффициентов, приборных и системных параметров контроллера в энергонезависимой памяти с электрической записью и стиранием.

Аппаратура процессора имеет следующие данные:

- разрядность обрабатываемых данных 8, 16, 32;
- погрешность цифровой обработки -1×10^{-38} ;
- ПЗУ для хранения резидентных программ, программ пользователя и параметров контроллера с электрической записью и стиранием, объем – 1024 кб, 14 блоков с независимым стиранием, время записи/стирания – 1-2 сек;
- ОЗУ для хранения данных, объем – 1024 кб;
- твердотельный флэш-диск, объем – до 4 Мб;
- энергонезависимый таймер-календарь с ведением года, месяца, числа, дня недели, часов, минут, секунд;
- два внешних асинхронных последовательных канала связи;
- устройство автоматической подзарядки ионистора.

Плата интерфейсных каналов МИК-Д предназначена для формирования дополнительных цифровых последовательных каналов связи центрального процессора с периферийными устройствами. На плате установлены три процессора ATmega64, каждый из которых поддерживает работу двух каналов. Все каналы имеют интерфейс RS-485, пять из шести каналов имеют гальваническую развязку.

Плата преобразователя напряжения МП-Д предназначена для преобразования нестабилизированного постоянного напряжения 24 В от внешнего блока питания, подключенного к клеммам «24В» блока БК-500, в стабилизированное напряжение 5 В для питания центрального процессора, а также для формирования семи гальванически разделенных стабилизированных источников напряжения 5 В для питания приемопередатчиков интерфейсных каналов.

Перечень технических средств, входящих в состав контроллера КР-500 различных модификаций

Блок контроллера КР-500

Модули

Модуль аналого-дискретных сигналов МДА-Д
Модуль аналоговых сигналов МАС-Д, МАВ-Д, МАУ-Д, МВА-Д
Модуль дискретных сигналов МСД-Д
Модуль сигналов резистивных датчиков МРС-Д
Модуль сигналов низкого уровня и термопар МТС-Д
Модуль вывода силовой МВС-Д
Шлюзовой микроконтроллер ШМК

Блоки

Блоки управления электродвигателем реверсивные БУЭР 1-30-02, БУЭР 3-30-02; -03
Блок резервных защит БРЗ-30-00 (БРЗ-Д), БРЗ-30-01 (БРЗ-А)
Пульт оператора ПО
Блоки управления электродвигателем реверсивные БУЭР 1-30-00, БУЭР 1, БУЭР 3-30-00, БУЭР 3
Блок усиления мощности БУМ-30, БУМ-50
Блок переключения БПР-30
Преобразователь интерфейса ПИ-3
Блок ввода дискретный БВ-Д-50
Блок переключения БПР-50
Блоки питания БП-Г, БП-4М15, ББП-24, БП-Д
Модуль питания МП-Д

Принадлежности

Пульт контроллера ПК-302
Комплект резисторов нормирующих КРН
Защитное устройство ЗУ
Интерфейсный соединитель ИС-485
Резервный соединитель РС-III
Программное обеспечение КОНТРАСТ на CD–диске

Контроллер КР-500 предназначен для решения следующих задач:

- сбор информации с датчиков различных типов и ее первичная обработка (фильтрация сигналов, линеаризация характеристик датчиков, калибровка сигналов и т.п.);
- выдача управляющих воздействий на исполнительные органы различных типов;
- контроль технологических параметров по граничным значениям и аварийная защита технологического оборудования;
- регулирование прямых и косвенных параметров по различным законам;
- логическое, программно-логическое управление технологическими агрегатами, автоматический пуск и останов технологического оборудования;

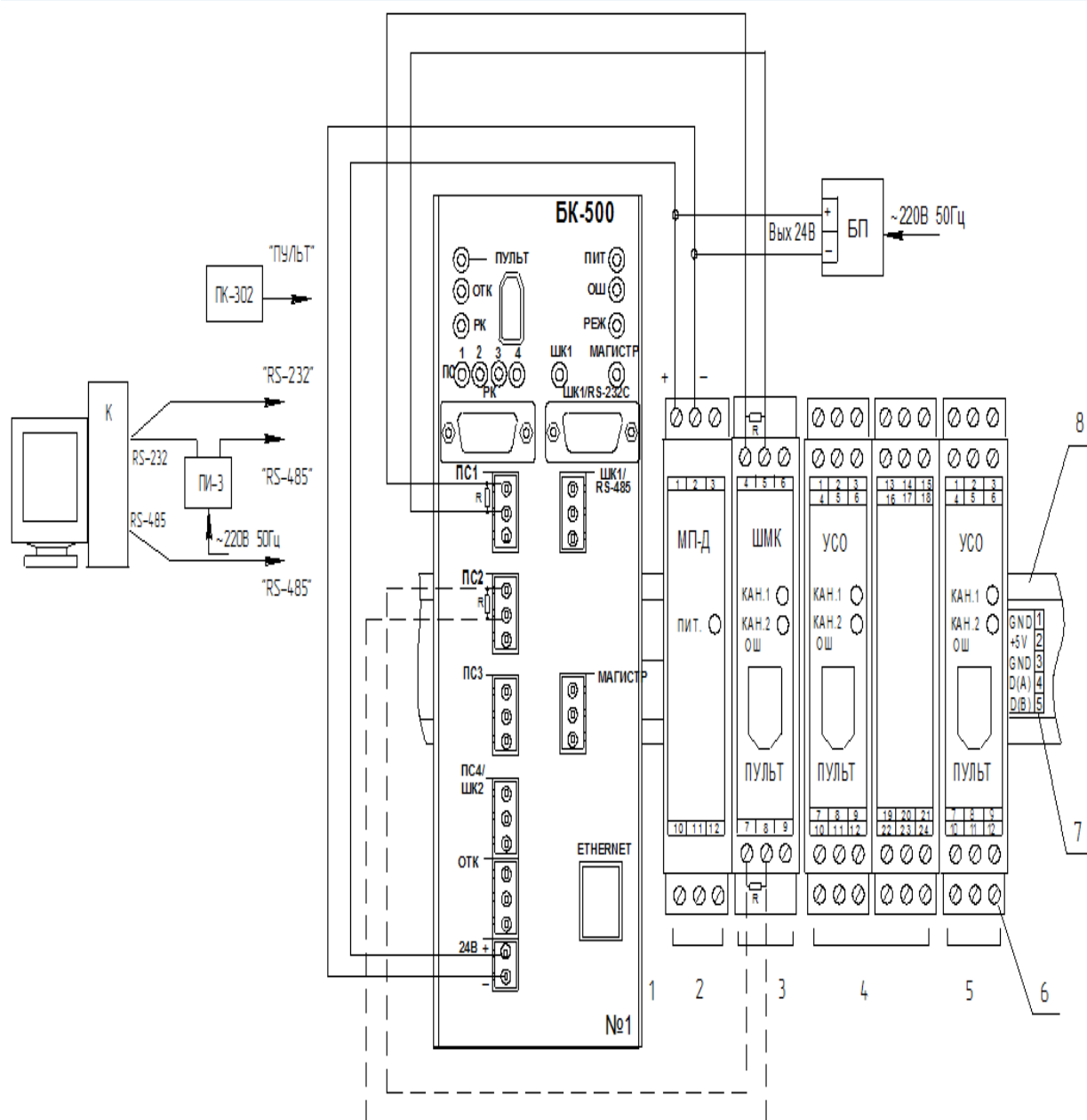


Рис. 28. Внешний вид контроллера КР-500 на DIN-рейке: 1- блок контроллера БК-500, 2 - модуль питания МП-Д, 3 - микроконтроллер ШМК, 4 - сдвоенный модуль УСО-Д, 5 - одинарный модуль УСО-Д, 6 - клеммы модулей и блоков, 7 - шинные разъемы, 8 - DIN-рейка, ПИ-3 – преобразователь интерфейса RS-232/RS-485, ПК - 302 – пульт настройки, БП – блок питания БП-4М15, К – компьютер

- математическая обработка информации по различным алгоритмам;
- регистрация и архивация технологических параметров;
- технический и коммерческий учет материальных и энергетических потоков (электроэнергия, тепло) на различных участках производства;
- обмен данными с другими контроллерами в рамках контроллерной управляющей сети реального времени;
- прием и исполнение команд технолога-оператора, аварийная, предупредительная и рабочая сигнализация, индикация значений

прямых и косвенных параметров, выдача значений параметров и различных сообщений на пульт контроллера и компьютер верхнего уровня;

- самоконтроль и диагностика всех устройств контроллера, вывод информации о техническом состоянии контроллера обслуживающему персоналу.

Программирование и алгоритмы контроллера

Программируемая подсистема поддерживается процедурным языком высокого уровня ПРОТЕКСТ и предназначена для разработки технологических программ по произвольным алгоритмам. В этой подсистеме реализованы следующие функции:

- арифметические операции и операции отношения над целыми (короткими, стандартными, длинными) и вещественными числами в стандарте языка СИ;
- логические операции над дискретными значениями данных и логическими кодами;
- операции преобразования типов данных;
- использование всех алгоритмов языка функциональных блоков как встроенных функций;
- технологическое программирование пульта контроллера (чтение клавиатуры, программное управление индикаторами).

Функции ввода-вывода

Контроллер выполняет следующие функции ввода-вывода:

- ввод-вывод данных в реальном времени на модули УСО-Д;
- ввод-вывод данных в реальном времени на полевые (удаленные) УСО-Д;
- настройки – пультом контроллера ПК-302;
- обмен данными в реальном времени с другими контроллерами сети МАГИСТР;
- обмен данными с верхним уровнем по его запросам;
- чтение и запись программ пользователя, приборных и системных параметров.

Регистрация и архивация данных

Процедуры регистрации и архивации данных осуществляются при помощи следующих функций контроллера:

- ведение календарного времени (год, месяц, число, день недели, часы, минуты, секунды);
- регистрация предыстории процесса заданной глубины путем записи данных в оперативную память контроллера, организованную по

принципу кольца, для последующего чтения и анализа предаварийных ситуаций (до 4000/64000 аналоговых/дискретных значений сигналов);

- архивация данных в твердотельном флэш-диске контроллера с электрической записью и стиранием для последующего чтения и документирования технологического процесса (до 525000/8384000 аналоговых/дискретных значений сигналов).
- вычитывание данных регистрации и архивации на верхний уровень для последующего анализа.

Оперативное управление

В контроллере предусмотрено два уровня оперативного управления и контроля параметрами технологического процесса:

- органы местного оперативного управления в виде пульта контроллера, работающего в режимах оперативного управления контурами регулирования, логическими программами, группового контроля и управления и программируемом режиме, а также в режиме настройки и программирования;
- дистанционное управление с верхнего уровня, поддерживаемое совокупностью сетевых протоколов чтения и установки различных технологических параметров программы пользователя. На базе этих протоколов могут быть разработаны драйверы обмена данными для SCADA-систем различного типа.

Программирование контроллера

Функции ввода-вывода данных в реальном времени, обработки, регистрации и архивации данных программируются пользователем. Функции обмена данными с верхним уровнем по его запросам реализуются резидентным программным обеспечением контроллера самостоятельно и программирования не требуют.

Программирование контроллера осуществляется на технологических языках, не требующих привлечения профессиональных программистов, к которым относятся:

- язык Функциональных Алгоритмических Блоков ФАБЛ;
- язык высокого уровня Процедурный Текст ПРОТЕКСТ.

Язык ФАБЛ наиболее удобен для программирования задач регулирования, язык ПРОТЕКСТ – для программирования задач логико-программного управления, пусков, остановов, математической обработки информации, хотя каждый из них является функционально-полным для программирования любых задач.

Программирование контроллеров и отладка программ пользователя ведется при помощи персонального компьютера и интегрированной среды технического обслуживания контроллеров КОНТРАСТ (Windows2000/XP).

При обработке каждого алгоблока выполняются следующие действия:

- загрузка входных значений алгоритма;
- вычисление и запоминание выходных и внутренних значений.

Грамматика языка функциональных блоков обеспечивает следующие количественные характеристики:

- максимально возможное число алгоритмов – 255;
- максимально возможное число функций одного алгоритма – 255;
- максимально возможное число входов алгоритма – 127;
- максимально возможное число выходов алгоритма – 127;
- максимально возможное число алгоблоков – 999.

Типы данных

Полный перечень сигналов, обрабатываемых алгоблоками, включает следующие типы:

- аналоговый;
- временной;
- числовой;
- дискретный;
- скорость изменения;
- длительность импульса.

В контроллере благодаря 32- разрядной внутренней архитектуре его процессора все описанное выше многообразие типов сигналов и параметров настройки обслуживается без потери скорости выполнения алгоритмов естественным унифицированным и общепринятым набором типов данных. При этом обеспечивается простой интерфейс с базами данных других языков программирования, что способствует унификации и развитию программного обеспечения контроллера.

Производитель: ЗАО «ВОЛМАГ», Россия [20].

Программируемый логический контроллер FX-3U

ПЛК семейства FX—это программируемые компактные контроллеры универсального назначения. В компактных контроллерах включены в одном корпусе дискретный ввод/вывод, центральный процессор, память и электропитание. Возможности их применения можно расширить, благодаря различным опциям, например, дополнительным входам и выходам, аналоговому вводу/выводу. Контроллеры семейства FX можно подключить ко всем наиболее распространенным сетям – Ethernet, CC-Link, Profibus и др.

Контроллер FX-3U предназначен для построения относительно простых и сложных систем с высоким требованием к скорости обработки информации.

На данный момент FX-3U с временем цикла 0,065 мкс на каждую логическую операцию является самым быстрым контроллером семейства FX. Память процессора имеет объем до 64000 шагов программы.

Модуль ввода аналоговых сигналов FX2N-8AD выполняет аналого-цифровое преобразование входного аналогового сигнала. Модуль вывода аналогового сигнала FX2N-8DA предназначен для цифро-аналогового

преобразования внутренних цифровых сигналов контроллера в выходные аналоговые сигналы. Разрешающая способность аналогового модуля семейства FX составляет от 8 до 16 бит.

Модуль интерфейса FX3U-ENET позволяет расширить функции связи ПЛК с другими ПЛК и построить АСУТП верхнего уровня для решения более сложных задач автоматизации.

Панель оператора, обеспечивающая человеко-машинный интерфейс, облегчает диалог между оператором и машиной. Панель серии GOT1000 –это сенсорный экран с разрешением от 256 до 65536 цветов. Он может отображать сложные графические элементы. Мультимедийные возможности позволяют использовать видеоролики в качестве подсказок для оператора. Имеется быстрый USB-порт с прозрачным режимом передачи данных в контроллер. Кодировка Unicode позволяет отображать информацию на большинстве языков. Дополнительные интерфейсы для Ethernet, MELSECNET/10/H, CC-Link IE, а также дополнительные порты RS232C и RS422. Для программирования семейства GOT имеется среда программирования GT Designer 3, которую можно установить на любом стандартном компьютере с операционной системой Windows.

Основные функции ПТК на базе ПЛК серии FX3U: реализация всех АСК и САУ системы автоматизации, адаптивная настройка САУ, дистанционное управление исполнительными механизмами, плавный переход с автоматического режима в ручной, программирование и отладка программного обеспечения с помощью GX Developer (рис.29).

Техническая характеристика основных модулей ПЛК серии FX3U

Базовые модули могут иметь 16,32,48,64,80 или 128 каналов ввода/вывода с возможностью расширения до 384 входов/выходов. Предусмотрены модификации с релейными и транзисторными выходами. Имеются следующие особенности и преимущества: встроенный последовательный интерфейс для связи контроллера с панелью оператора; встроенное управление позиционированием; заменяемые интерфейсные модули для непосредственной установки в базовом модуле; светодиодные индикаторы для индикации состояния входов и выходов; гнездо для кассет памяти; встроенные часы реального времени.

Все ПЛК FX в зависимости от модификации могут питаться постоянным или переменным током. ПЛК можно программировать с помощью удобного для пользователя программного обеспечения GX Works2, позволяющего переносить программы между различными ПЛК FX.

Базовый модуль FX3U-16 MT/ESS – максимальное количество входов/выходов 16, питание 100-240 В, встроенные входы 8, встроенные выходы 8, тип выхода –транзистор (отрицательная логика транзисторных выходов – по запросу), потребляемая мощность 30 Вт.

Модули аналогового ввода представлены в версиях 2–8 входов. Возможно считывание из модуля текущих или усредненных за несколько измерений значений.

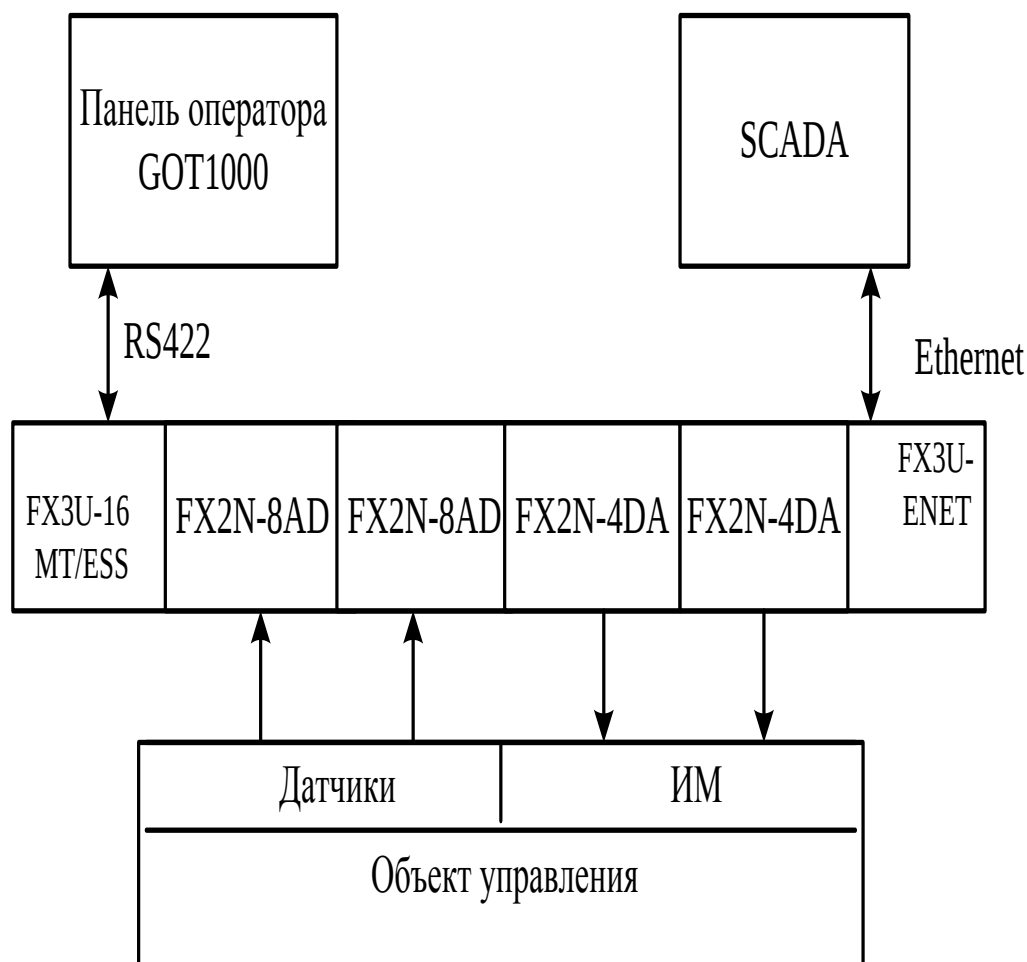


Рис. 29. Блок-схема связи ПТК на базе ПЛК серии FX3U с объектом управления

FX2N-8AD – 8 аналоговых входов; диапазон сигналов: от–10 до +10 В, пост., от –20 до +20 мА, от 4 до 20 мА; разрешение 0,63 мВ, 2,5 мкА; точность $\pm 0,3$ – $0,5$ % (зависит от температуры окружающей среды); питание 5В пост. (50 мА), 24 В пост. (80 мА). Можно конфигурировать модуль таким образом, чтобы использовать стандартные аналоговые входы как температурные входы для подключения термоэлектрических преобразователей.

Модули аналогового вывода представлены в версиях 2–4 выхода. Модули могут осуществлять вывод как токовых сигналов, так и сигналов напряжения.

FX2N-4DA – 4 аналоговых выхода; диапазон сигналов: от–10 до +10 В, пост., от 0 до +20 мА/от 4 до +20 мА; разрешение 5 мВ, 20 мкА; точность $\pm 1\%$; питание 5 В, пост. (30 мА), 24 В пост. (200 мА).

Коммуникационные модули FX3U-ENET обеспечивают непосредственное подключение к сети Ethernet ПЛК серии FX3G или FX3U/FX3UC. Этот Ethernet–модуль обеспечивает полную загрузку/выгрузку программ, всеобъемлющий мониторинг, а также быстрый и легкий обмен данными с системой визуализации процессов. Модуль FX3U-ENET также поддерживает одноранговое соединение и протокол МС. Возможно до 8 независимых соединений. Его легко настроить с помощью программного обеспечения FX Configurator–EN.

Протокол TCP/IP, UDP. Режим связи –полный дуплекс/полудуплекс. Обмен данных через фиксированный буфер 1023 слов. Обмен данными с почтовым сервером SMTP, POP3. Интерфейс IEEE802.3u (100 Base TX). Подключение RJ45; максимальная скорость передачи 100 или 10 Мегабит/с, максимальная длина сегмента 100 м, питание 24 В пост./240 мА (от базового блока).

Модуль ввода сигналов термодатчиков FX2N-4AD-TC содержит 4 независимых канала для подключения термопар.

Модуль управления температурой FX3U-4LC оборудован четырьмя входами для сигналов с датчиков температуры и четырьмя транзисторными выходами. Он считывает температурные сигналы с термопар и датчиков Pt100 и выполняет ПИД-регулирование при помощи выхода ШИМ. Параметры настройки ПИД-регулятора определяются автонастройкой.

Диапазон измеряемой температуры от -200 до $+2300$ °С, разрешение 0,1 и 1 °С, точность $\pm 0,3$ – $0,7\%$ (во всем диапазоне, зависит от температуры окружающей среды), питание от базового модуля в диапазоне от 5 В пост. до 24 В пост.

Производитель: Mitsubishi Electric, Япония [16].

\

ПРИМЕР КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Бланк задания на курсовую работу

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

Институт энергетики и автоматизации
Кафедра АТП и П

ЗАДАНИЕ на курсовую работу по дисциплине «Автоматика и автоматизация производственных процессов ЦБП»

Студенту _____ группы _____

Тема работы: Разработка системы автоматизации **термодисперсионной установки (ТДУ)**

Содержание пояснительной записки

Введение.

1. Описание объекта автоматизации.
 - 1.1. Технологическая схема и оборудование объекта.
 - 1.2. Таблица параметров и их характеристика.
 - 1.3. Технологический процесс и регламент объекта.
2. Обоснование необходимости автоматизации объекта
3. Существующая система автоматизации объекта, ее преимущества и недостатки.
4. Разработка новой системы автоматизации объекта.
 - 4.1. Функциональная схема автоматизации объекта на базе ПТК.
 - 4.2. Спецификация на технические средства автоматизации.
 - 4.3. Блок-схема связи ПТК с объектом.
 - 4.4. Описание и назначение основных узлов ПТК.

Заключение.

Список использованной литературы.

Перечень графического материала

1. Технологическая схема **ТДУ**
2. Функциональная схема автоматизации **ТДУ**
3. Блок-схема связи ПТК с **ТДУ**

Дата выдачи задания
«__» _____ 20__ г.

Дата представления работы
«__» _____ 20__ г.

Руководитель _____

Исполнитель _____

Введение

Для получения макулатурной массы с заданными показателями качества после ТДУ система автоматизации должна включать следующие основные подсистемы: САУ уровнем макулатурной массы в напорном ящике сеточного пресса, САУ температурой макулатурной массы в паровом (нагревательном) шнеке, САУ концентрацией макулатурной массы, поступающей в напорный ящик, автоматические системы контроля (АСК) скорости сеточного пресса, расхода макулатурной массы и температуры массы, поступающей на паровой шнек.

В результате реализации такой системы автоматизации из массы будут удалены неблагоприятные включения: битум, парафин, латекс, различные смолы, кусочки пленки, затрудняющие работу картоноделательной машины (КДМ). Количество битумных пятен на поверхности площадью 1 м^2 отливки из массы, обработанной в ТДУ, будет не более 250 шт. площадью $0,1\text{--}1,0\text{ мм}^2$ и не более 30 шт. площадью $1,0\text{--}2,0\text{ мм}^2$ при массовой доле легкоплавких и размягчаемых включений в массе не более 10 %. Кроме того, вследствие обеспечения теплового режима термомеханической обработки массы, нет необходимости в дополнительном размоле после диспергатора и общий расход энергии будет снижен.

1. Описание объекта автоматизации

1.1. Технологическая схема и оборудование объекта

Технологическая схема представлена совместно с функциональной схемой автоматизации ТДУ (рис.29).

Термодисперсионная установка (ТДУ) предназначена для термомеханической обработки макулатурной массы, содержащей не более 10 % легкоплавких или размягчаемых при температуре не более 95°C включений, таких как типографская краска, битум, латекс.

Эти включения распыляются до предела видимости в такой степени, что их неблагоприятное влияние на качество готового изделия полностью исключается.

Установка встраивается в потоки приготовления различных видов макулатурной массы (поток подслоя и поток нижнего слоя для картона). Применение установки позволяет сократить простои картоноделательных машин, связанные с очисткой оборудования, увеличить срок службы одежды машин, сократить количество брака.

Производительность – 150 т асв/сут. Давление пара в магистральном трубопроводе не более 0,4 МПа, температура массы в паровом (нагревательном) шнеке не более 95°C , общая мощность установленных электродвигателей – 850 кВт.

В ТДУ для получения макулатурной массы оптически гомогенного состава при холодном способе термомеханической обработки (до 95°C) включается следующее оборудование: сеточный пресс с напорным ящиком,

разрывной шнек, подъемный шнек, нагревательный или паровой шнек, подающий шнек и диспергатор.

Сеточный пресс служит для обезвоживания макулатурной массы. Входящая в пресс рабочая масса с концентрацией 3-5 % выходит из него сгущенной до концентрации 25-30 %. Производительность 100-200 т/сут. Мощность электропривода 35 кВт, скорость вращения электродвигателя привода 1750 об/мин, скорость пресса 12-48 м/мин, мощность электропривода очищающего (снимающего полотно) ролика 0,55 кВт.

Разрывной шнек служит для размельчения волокнистой массы на кусочки величиной 15-20 мм. Производительность 100-200 т/сут, мощность электропривода 7,5 кВт, скорость вращения электродвигателя привода 1420 об/мин, диаметр шнека 400 мм, длина шнека 4000 мм, шаг шнека 300 мм.

Подъемный (наклонный) шнек служит для подачи размельченной массы от разрывного шнека в лежащий выше паровой (нагревательный) шнек. Кроме того, подъемный шнек изолирует паровую сторону нагревательного шнека от окружающей среды. Производительность 100-200 т/сут, мощность электропривода 15кВт, скорость вращения электродвигателя привода 1460 об/мин, диаметр шнека 400 мм, длина шнека 4500 мм, шаг шнека 200 мм.

В **паровом (нагревательном) шнеке** происходит нагревание размельченной массы до 95 °С. Нагревание происходит путем подачи пара через паропроводные подключения, расположенные в нижней части шнекового желоба. Нагрев массы производится с целью размягчения способных пластифицироваться посторонних частиц (пластмассы, битумов и др.) и подготовки оптимального диспергирующего эффекта. Производительность 100-200 т/сут, мощность электропривода 22 кВт, скорость вращения электродвигателя привода 1460 об/мин, диаметр шнека 1100 мм, длина шнека 9000 мм, шаг шнека 400 мм, объем шнека 8,5 м³, длина парового коллектора 8000 мм, диаметр коллектора 195 мм, давление пара в коллекторе 0,4 МПа.

Подающий (транспортирующий) шнек служит для равномерной передачи нагретой измельченной массы в центральную рабочую зону диспергатора и изоляции паровой стороны нагревательного шнека со стороны выхода массы. Производительность 100-200 т/сут, мощность электропривода 7,5 кВт, скорость вращения электродвигателя привода 1430 об/мин.

Шнековые транспортеры подающей системы ТДУ состоят из шнекового желоба и расположенного в нем сварного шнека, транспортирующего массу по желобу. Желоба и шнеки изготовлены из нержавеющей стали. Каждый шнек устанавливается в подшипниках качения, закрытых от возможного попадания массы сальниковыми уплотнениями.

Диспергатор служит для механической обработки макулатурной массы. С его помощью диспергируют частички красок и битума таким

образом, что получаемая на выходе рабочая масса однородна по цвету и может быть использована для дальнейшей переработки.

Рабочая температура в диспергаторе 90-95 °С. Производительность 100-200 т/сут, мощность электропривода 630 кВт, скорость вращения 988 об/мин, расход воды для промывки 1800 л/мин, давление воды для промывки 0,5 МПа.

1.2. Таблица параметров и их характеристика

Таблица 1

Технологические параметры ТДУ

Наименование параметра	Размерность	Диапазон	Рабочее значение	Способ измерения
Концентрация макулатурной массы	%	3-5	4,0	автоматический
Уровень макулатурной массы	м	1,5-2,0	1,8	автоматический
Частота вращения электродвигателя	об/мин	500-1750	1000	автоматический
Температура макулатурной массы в подъемном шнеке	°С	25-30	27	автоматический
Температура макулатурной массы в паровом шнеке	°С	90-97	95	автоматический
Расход макулатурной массы	м ³ /ч	150-160	156	автоматический
Степень помола после диспергирования	°ШР	35-40	38	лабораторный
Разрывная длина после диспергирования	м	4000-4500	4250	лабораторный
Сопротивление продавливанию	кг/см ²	2,0-2,7	2,58	лабораторный
Сопротивление раздиранию	Гс	200-220	216	лабораторный

1.3. Технологический процесс и регламент объекта

Предварительно распущенная и очищенная масса накапливается в бассейне перед ТДУ, откуда она подается в установку. Готовая масса

однородного состава после диспергирования поступает в бассейн после ТДУ. Также масса может подаваться в бассейн, минуя ТДУ.

Из бассейна масса с концентрацией 3-5 % перекачивается насосом в напорный ящик с регулируемым уровнем, откуда она самотеком поступает в обезвоживающую зону пресса сеточного цилиндра. Избыток массы из напорного ящика отводится в бассейн после сгустителей. Из напорного ящика масса через сеточный цилиндр поступает в зазор между двумя бесконечными сетками - верхней и нижней. При этом большая часть воды покидает суспензию под воздействием силы тяжести, еще часть воды - за счет силы сжатия между сетками. При этом на поверхности сеток образуется тонкий слой массы, фильтрующий воду и задерживающий мелкие волокна. Далее волокнистая масса обезвоживается в прессовых зонах.

Полотно сгущенной массы с сухостью 25-30 % после второго пресса снимается при помощи шабера и поступает непосредственно в приемник разрывного шнека.

Очистка сеток сеточного цилиндра производится при помощи поперечной sprысковой трубы с плоскоструйными жиклерами, работающими на свежей воде под давлением 0,9 МПа. Для промывки сеток установлены sprысковые трубы низкого давления с плоскоструйными жиклерами, работающими на осветленной воде под давлением 0,4 МПа.

Давление прессов и натяжение сеток устанавливаются при помощи камер, управляемых сжатым воздухом. Вода из пресса сеточного цилиндра собирается в сборнике оборотных вод.

Далее бесконечная “папка” с сеточного пресса сбрасывается в разрывной шнек, где зубчатая гарнитура разрывает ее на кусочки величиной 15x20 мм.

Измельченная масса из разрывного шнека попадает в подъемный шнек, который подает ее в расположенный выше паровой шнек.

В паровом шнеке масса нагревается до 95 °С с целью размягчения пластифицирующихся посторонних включений. Шнек оборудован системой патрубков для подачи в него насыщенного пара.

Из парового шнека с помощью подающего транспортирующего шнека масса равномерно передается в центральную рабочую зону диспергатора. Затем масса под действием центробежных сил попадает в межножевое пространство зубчатой многоступенчатой гарнитуры диспергатора, расположенной концентрическими кругами. За счет очень больших сил трения и гидродинамических ударов масса диспергируется и через открытый снизу картер поступает в бассейн объемом 25 м³.

В верхней части картера находится несколько патрубков, через которые подается вода для разбавления и удаления измельченной массы. Для промывки диспергатора в него подается повторно используемая оборотная вода из бассейна с помощью насоса.

В процессе диспергирования в результате интенсивного перемешивания и воздействия сил трения между волокнами и

размалывающей гарнитурой, а также собственно волокнами битум размягчается, диспергируется и рассеивается на волокнах. Ввиду отсутствия непосредственного контакта между размалывающими элементами и незначительного периода теплового воздействия на массу при атмосферном давлении волокна не укорачиваются и механические свойства массы улучшаются.

Процесс диспергирования массы до получения оптически гомогенного состава протекает в течение 1-3 с. Из диспергатора масса поступает в бассейн готовой массы, где разбавляется до концентрации 4-5 %.

2. Обоснование необходимости автоматизации объекта

Для получения концентрации макулатурной массы после сеточного пресса в диапазоне 25-30 % согласно технологическому регламенту необходимо автоматически управлять уровнем в напорном ящике и скоростью сеточного пресса. Скорость сеточного пресса должна быть в диапазоне 12-48 м/мин в зависимости от производительности ТДУ.

Содержание в макулатуре битума, парафина, латекса, различных смол и кусочков пленки, попадающих затем в макулатурную массу, создает большие затруднения в работе картоноделательной машины. Даже незначительные количества этих добавок приводят к загрязнению очистного оборудования, сеток, сукон, прессовых валов и сушильных цилиндров и вызывают обрывы картонного полотна или образование на нем различного рода пятен, дыр и других дефектов.

Для использования такой макулатуры в производстве многослойного картона применяется термомеханический способ обработки макулатурной массы. Необходимым условием осуществления процесса диспергирования является предварительный роспуск макулатуры в гидроразбивателе и получение тщательно очищенной от тяжелых и легких примесей макулатурной массы, сгущенной до концентрации 25-30 %.

Для осуществления термомеханического процесса обработки макулатурной массы используют два способа диспергирования: при атмосферном давлении и температуре до 95°C (холодное) и при повышенном давлении до 0,3-0,5 МПа и температуре 130-150°C (горячее). В первом случае частицы битума, парафина и других включений с низкой температурой плавления не удаляются, а диспергируются до такого состояния, при котором они не оказывают вредного влияния на процесс производства картона [4].

При повышении температуры обработки макулатурной массы все показатели механической прочности как объемная масса, разрывная длина, среднее удлинение, сопротивление продавливанию, число двойных перегибов, сопротивление раздиранию, за исключением степени помола, снижаются.

Для восстановления первоначальных механических свойств макулатурной массы, подвергшейся термомеханической обработке при

повышенных показателях температуры и давления, необходимо подвергнуть ее дополнительному размолу до более высокой степени помола, чем у исходного сырья. Это в свою очередь вызывает необходимость дополнительного расхода электрической энергии. Так, при общем удельном расходе электроэнергии при термомеханической обработке макулатурной массы 12 кВт·ч на 100 кг асв. при 140 °С на диспергирование массы расходуется только 3,3 кВт·ч, а 8,7кВт·ч расходуется на дополнительный размол.

При температуре термомеханической обработки ниже 100 °С нет необходимости в дополнительном размоле и общий удельный расход электроэнергии снижается. Однако по сравнению с горячим диспергированием удельный расход энергии на диспергирование увеличивается с 3,3 до 6,7 кВт·ч на 100 кг асв.

Недостатками термомеханической обработки при высокой температуре является также более сильное измельчение посторонних примесей, которые ввиду малого размера проходят через сита сортировок, загрязняя макулатурную массу.

В результате обработки макулатурной массы в ТДУ при температуре 95 °С загрязнения, содержащиеся в волокнистой массе, подвергаются следующим изменениям: типографская краска, битумы, латекс, а также остатки проклеивающих веществ размельчаются до такой степени, что их неблагоприятное влияние на работу КДМ и на качество картона исключается; пучки волокон распускаются почти полностью; гидрофобные включения диспергируются.

Автоматическое управление температурой макулатурной массы в нагревательном (паровом) шнеке обеспечит снижение удельных расходов электрической энергии, тепловой энергии (пара) и повысит качество обработанной в ТДУ макулатурной массы и в конечном счете качество картона на КДМ и надежность оборудования.

3.Существующая система автоматизации объекта, ее преимущества и недостатки

Существующая система автоматизации включает следующие системы автоматики:

- САУ концентрацией макулатурной массы, поступающей в напорный ящик сеточного пресса;
- САУ уровнем макулатурной массы в напорном ящике сеточного пресса;
- автоматической измерение и дистанционное управление скоростью сеточного пресса;
- дистанционное управление положением регулирующего органа на трубопроводе подачи макулатурной массы в сеточный пресс;
- САУ температурой макулатурной массы на выходе парового шнека;

- дистанционное управление подачей воды для разбавления и на промывку в диспергатор.

В существующей системе автоматизации отсутствует САУ скоростью сеточного пресса, а также датчики расхода макулатурной массы,

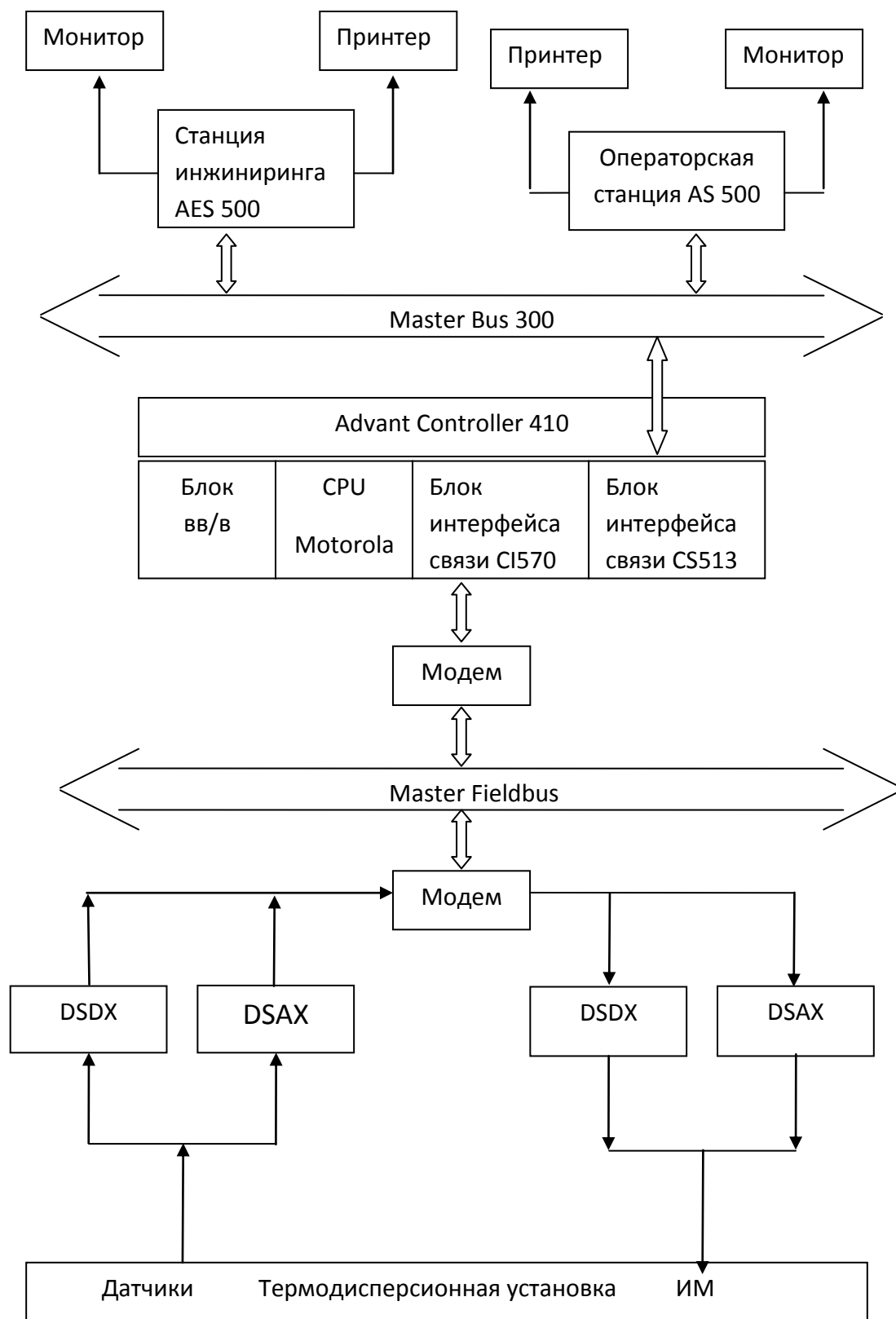


Рис. 30. Блок схема связи ПТК АБВ с ТДУ

поступающей в сеточный пресс, и температуры макулатурной массы, поступающей из подъемного шнека в паровой (нагревательный) шнек, что снижает её информативность и оперативность [4].

Управление технологическим процессом на термодисперсионной установке (рис.30) производится ПТК фирмы ABB Master (США) [2,9].

Аппаратура ABB состоит из следующих основных устройств:

- технологический контроллер Advant Controller 410;
- операторских станций AS-500;
- станции инжиниринга AES-500;
- системной шины Master Bus 300;
- полевой шины Master Fieldbus;
- сетевой шины TCP/IP;
- принтера.

Технологический **контроллер Advant Controller 410** предназначен для получения информации о состоянии технологического процесса от различных датчиков, обработке полученной информации в соответствии с заложенной программой, выдаче управляющих воздействий на процесс. К технологическому контроллеру Advant Controller 410 подключены датчики и исполнительные механизмы, расположенные на оборудовании термодисперсионной установки.

Контроллер Advant Controller 410 является конфигурируемой станцией обработки, входящий в состав минимального комплекта аппаратных средств. Он может использоваться как в составе системы управления процессом ABB Master, так и отдельно - как автономная станция обработки данных.

Станция обработки Advant Controller 410 состоит из корзины, содержащей центральный процессор CPU, до 4 блоков интерфейса связи и до 15 блоков ввода/вывода серии S 100 I/O, обеспечивающих 480 входов/выходов. В комплект блоков ввода/вывода серии S 100 I/O входят различные модули аналогового и дискретного ввода/вывода DSAX, DSDX, блоки ввода сигналов термопар и импульсных сигналов.

Прикладные программы выполняются в языке AMPL. Язык программирования AMPL (ABB Master Piece Language) представляет собой функционально ориентированный язык высокого уровня с графическими элементами, которые разработаны специально для использования в технике управления процессом.

Операторские станции предназначены для отображения информации о технологическом процессе, задании режимов управления процессом и ввода заданий параметров процесса.

Станция инжиниринга **Advant Engineering Station серии 500** является рабочей станцией с оболочкой Unix и работает в среде X Windows, а также OSF/Motif, использует в качестве аппаратной платформы рабочую станцию Hewlett-Packard 9000/700. Станция инжиниринга оказывает поддержку при решении инжиниринговых задач, возникающих при проектировании и

запуске системы управления процессом, включая конфигурирование, прикладное программирование и документирование.

Станция управления процессом **Advant Station серии 500** является мощным компонентом системы управления процессом АВВ Master для взаимодействия человека с машиной.

Станция управления процессом выполнена на базе рабочих станций Hewlett-Packard 9000/700 и известных стандартов типа Unix, X Windows. Она обеспечивает широкий набор управленческих функций и интерфейсов для взаимодействия человека с машиной.

Информация от технологического контроллера на станцию оператора и обратно передается по **системной шине Master Bus 300**. Сетевая организация системы позволяет выводить на операторскую станцию информацию с любого технологического контроллера, подключенного к сети.

Информация от датчиков и исполнительных механизмов, расположенных на оборудовании термодисперсионной установки, на технологический контроллер и обратно передается по **полевой шине Master Fieldbus**. По полевой шине к контроллеру могут также подключаться децентрализованные блоки ввода/вывода серии S 400.

Сетевая шина TCP/IP предназначена для подключения сетевого принтера и обеспечения возможности подключения к другим системам управления, учета и т. д.

В системе АВВ используется струйный цветной **принтер Hewlett-Packard 2600**, который предназначен для печати временных трендов, а также для печати копий кадров, отраженных на дисплее операторских станций.

Программно-технический комплекс АВВ, построенный на базе контроллеров **Advantech**, не удовлетворяет современным требованиям технологии автоматизации и климатическим условиям работы производства макулатурной массы и картона.

4. Разработка новой системы автоматизации объекта

4.1. Функциональная схема автоматизации ТДУ на базе ПТК

Функциональная схема автоматизации ТДУ приведена на рис.31. В дополнение к существующим подсистемам включены:

- САУ скоростью сеточного пресса;
- автоматические системы измерения расхода макулатурной массы, поступающей в напорный ящик сеточного пресса, и температуры макулатурной массы в конце подъемного (начале парового) шнека.

Введение САУ скоростью сеточного пресса обеспечит стабилизацию концентрации макулатурной массы на выходе пресса, поступающей в разрывной шнек. Использование сигналов расхода макулатурной массы и её температуры в конце подъемного шнека для коррекции задания САУ температурой в паровом шнеке повысит её точность и быстродействие [4,8].

4.2. Спецификация на технические средства автоматизации

В литературе приведена развернутая форма спецификации на технические средства автоматизации [4]. В данном разделе приводится спецификация по упрощенной форме (табл.2) без указания кода оборудования, изделия, материала; единицы измерения; количества; массы единицы оборудования и примечания [4,11,13,14,17,19].

Таблица 2

Упрощенная спецификация на технические средства автоматизации

Позиция	Наименование и техническая характеристика оборудования	Тип, марка оборудования	Завод-изготовитель
1	2	3	4
Концентрация макулатурной массы в трубопроводе (D_y 250) перед напорным ящиком сеточного пресса (C=4 %)			
QT 1-1	Измерительный микроволновый преобразователь концентрации макулатурной массы. Диапазон измерения 0-16 %. Выход 4-20 мА, точность ± 0,0 2%. P _y =0,15– 0,8 МПа	A-444	ООО «Аквар-Систем», Беларусь
QV 1-2	Клапан регулирующий с шаровым сегментом , с пневмоприводом и электропневматическим интеллектуальным позиционером D _y 65. Вход 4-20 мА.	R21LA65AJJK BJ8-ND9100H	Metso Automation, Финляндия
Уровень в напорном ящике сеточного пресса (H=1,5-2,0 м)			
LT 2-1	Измерительный интеллектуальный преобразователь гидростатического давления (уровня) исполнения Sorplanar в сборе с фланцевой разделительной мембраной. Диапазон измерения 0-0,63 кПа. P _y =40 МПа. Выход 4-20 мА, HART-протокол, точность ±0,075 %.	Метран-150L, мембрана 1199	ПГ «Метран», Россия, г.Челябинск
LV 2-2	Клапан регулирующий с шаровым сегментом , с пневмоприводом и электропневматическим интеллектуальным позиционером D _y 100. Вход 4-20 мА.	R21LA100AJJK BJ8-ND9100H	Metso Automation, Финляндия

Продолжение табл. 2

Позиция	Наименование и техническая характеристика оборудования	Тип, марка оборудования	Завод-изготовитель
Положение отсечного клапана на трубопроводе подачи макулатурной массы в напорный ящик сеточного пресса ($m = 0$ или 100%)			
HV 3-1	Клапан шаровой отсечной с пневмоприводом и пневмораспределителем Dy 250	SDKA07050T0-250-5	Metso Automation, Финляндия
Скорость сеточного пресса (12-48 м/мин) (по частоте вращения электродвигателя привода $n=1750$ об/мин, мощность 35 кВт)			
ST 4-1	Тахометр токовихревой. Диапазон измерения 1-4000 об/мин, выход 4-20 мА, точность ± 20 об/мин	БК-307	ООО «ВиКонт», Россия, г. Москва
EV 4-2	Преобразователь частоты переменного тока, векторный. Вход 4-20 мА, RS-232/485, выход 0-400 Гц, 380 В	MFC710/37	TWERD Power Electronics, Польша
Температура макулатурной массы в подъемном шнеке ($\theta = 25-30\text{ }^{\circ}\text{C}$)			
ТТ 5-1	Аналоговый преобразователь температуры с унифицированным выходным сигналом. Диапазон измерения $0-100\text{ }^{\circ}\text{C}$, выход 0-5 мА, 4-20 мА. Класс точности 0,5, $P_y = 0,4$ МПа	ТСМУ Метран-274	ПГ «Метран», Россия, г. Челябинск
Температура макулатурной массы в нагревательном шнеке ($\theta = 95\text{ }^{\circ}\text{C}$)			
ТТ 6-1	Аналоговый преобразователь температуры с унифицированным выходным сигналом. Диапазон измерения $0-150\text{ }^{\circ}\text{C}$, выход 0-5 мА, 4-20 мА. Класс точности 0,5, $P_y = 0,4$ МПа	ТСМУ Метран-274	ПГ «Метран», Россия, г. Челябинск
TV 6-2	Клапан регулирующий с шаровым сегментом, с пневмоприводом и электропневматическим интеллектуальным позиционером Dy 65. Вход 4-20 мА.	R21LA65AJJK BJ8-ND9100H	Metso Automation, Финляндия
Расход макулатурной массы на ТДУ в трубопроводе ($V = 156\text{ м}^3/\text{ч}$, $D_y = 250$)			
FE 7-1	Преобразователь расхода первичный электромагнитный, Dy 100, диапазон измерения $1,134 - 226,8\text{ м}^3/\text{ч}$, $P_y = 1,6$ МПа	ППР7-100	АО «АПЗ», Россия, г. Арзамас
FT 7-2	Преобразователь измерительный, выход 0-5 мА, частотный 0-1000 Гц, RS-232, класс точности 1,0	ИП-7Т	АО «АПЗ», Россия, г. Арзамас
Положение отсечного клапана на трубопроводе подачи оборотной воды в диспергатор на разбавление ($m = 0$ или 100%)			
HV 8-1	Клапан шаровой отсечной с пневмоприводом и пневмораспределителем, Dy 50	SDKA07050T0-050-5	Metso Automation, Финляндия

Позиция	Наименование и техническая характеристика оборудования	Тип, марка оборудования	Завод-изготовитель
Положение отсечного клапана на трубопроводе подачи оборотной воды в диспергатор на промывку ($m = 0$ или 100%)			
HV 9-1	Клапан шаровой отсечной с пневмоприводом и пневмораспределителем, Ду 20	SDKA07050T0-020-5	Metso Automation, Финляндия

4.3. Блок-схема связи ПТК с объектом

В качестве ПЛК для ПТК применяем ПЛК **CP6700** (СКБ ПС и С). Контроллер CP6700 применяется для построения систем автоматического управления и сбора данных. Комплексы из модулей CP6700 представляют собой программируемые контроллеры и могут работать как автономные устройства, так и в качестве элементов сетей RS-485 и Ethernet. Мезонинная архитектура позволяет реализовать на единой элементной и конструктивной базе АСУТП различного назначения и сложности. В качестве системы верхнего уровня возможно использование SCADA-системы EISA или иной, поддерживающей протокол MODBUS, RTU/TCP или OPC технологию приема данных.

Преимущества мезонинной архитектуры: клеммные колодки одновременно служат для подключения сигнальных кабелей и установки малоканальных модулей ввода/вывода (мезонинов), образующих требуемую конфигурацию контроллера; колодки имеют разную емкость и легко объединяются для масштабирования вычислительной мощности и объема ввода/вывода; минимальная избыточность 1-3 канала на модуле.

На рис.32 представлена блок-схема связи ПТК на базе CP6700 с объектом управления. На **верхнем уровне** находится автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора. Связь АРМ с управляющим контроллером происходит по интерфейсу RS-485 с использованием протокола MODBUS RTU.

На **нижнем (полевом) уровне** находятся измерительные преобразователи и исполнительные механизмы.

На **среднем уровне** расположен блок управления, предназначенный для обработки входных аналоговых и дискретных сигналов и управления внешними устройствами по заданному алгоритму, представляющий собой контроллер с модулями входных и выходных сигналов и с выходом в сетевой интерфейс RS-485.

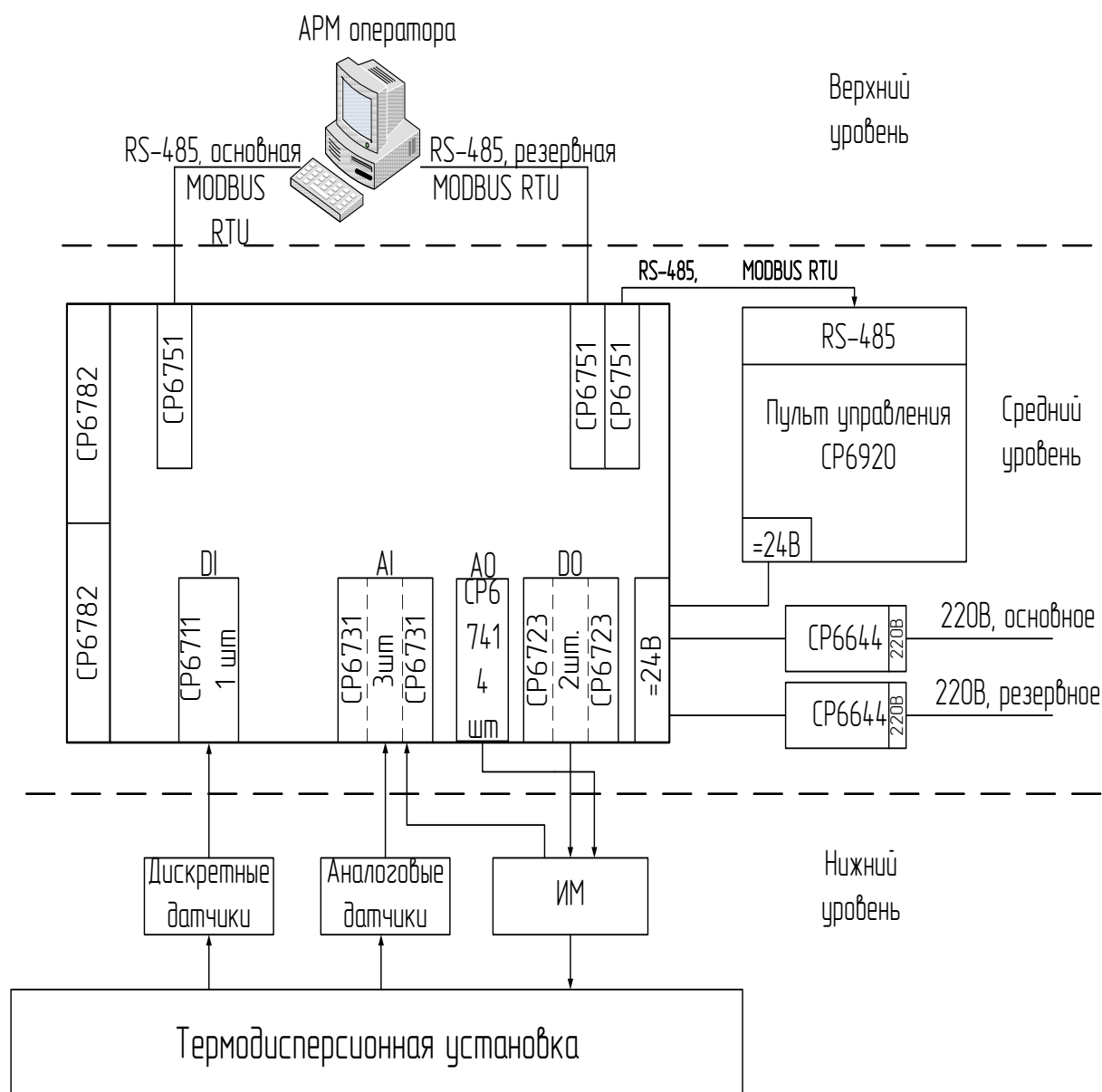


Рис.32. Блок-схема связи ПТК с ТДУ

4.4. Описание и назначение основных узлов ПТК

Для реализации требуемых задач по автоматизации ТДУ выбрана следующая конфигурация.

1. Модуль ввода дискретных сигналов CP6711 (24 В, 10 мА, 3 канала с общей точкой) – 1 шт.
2. Модуль вывода дискретных сигналов CP6723 (до 60 В, 130 мА, оптореле, 2 независимых канала) – 2 шт.
3. Модуль ввода токовый CP6731 (0-5 мА/0-20 мА/4-20 мА/0-24 мА, 2 независимых канала) – 3 шт.
4. Модуль вывода токовый/напряжения CP6741 (4-20 мА, 0-10 В, 1 канал) – 4 шт.

5. Интерфейсный модуль *CP6751* (RS-485/RS-422, 115,2 кбод, 1 изолированный канал) – 3 шт.
6. Модуль внутреннего питания *CP6761* ($U_{\text{вх}}=24$ В, $U_{\text{вых}}=3,3$ В, $I_{\text{вых}}=1$ А, 2 входа; основной и резервный) – 4 шт.
7. Процессорный модуль *CP6782* – 2 шт.
8. Клеммная колодка *CP6082* (на 2 модуля *CP6782*) – 1 шт.
9. DIN-рейка *CP6024* (на 24 модуля) – 1 шт.
10. Модуль питания *CP6644* ($U_{\text{вх}}=$ перем.98-264 В, $U_{\text{вх}} \text{ пост.}=138-372$ В, $I_{\text{вых}}=45$ мА, 1 канал, $P_{\text{вых}}=2,5$ Вт) – 2 шт.
11. Операторская панель *CP6920* (цветной графический монитор 7", сенсорный экран, RS-485. CAN. microSD Card. 2 USB).

Процессорный модуль *CP6782* является основной частью ПЛК *CP6700*. Интегрированная в модуль исполнительная система предназначена для сбора информации, управления мезонинными модулями контроллера и выполнения технологических программ систем автоматического управления и сбора данных, написанных на языках стандарта МЭК61131-3.

Характеристика; микроконтроллер LPC 2458,72 МГц, flash 512 кб, RAM 8 Мб, EEPROM 5 кб, съемная карта памяти SD 4 Гб, напряжение питания $3,3 \pm 10\%$ В, потребляемый ток не более 250 мА, максимальное количество подключаемых мезонин 176 шт., скорость обмена с модулями 500 кбит, среднее время цикла технологической программы при установке всех модулей в колодку 16 мс, скорость обмена по Ethernet 10/100 Мбит, интерфейс USB 2,0 Host для связи с пультом, установка в колодку *CP6082*.

Все модули интеллектуальные. Резидентные программы обеспечивают выполнение необходимых функций и взаимодействие с процессором в рамках фирменных протоколов. Обмен данными производится последовательно для всех модулей и занимает не более 0,35 мс для одного модуля.

При пакетной передаче данных интерфейсными модулями дополнительная задержка составляет 0,022 мс на байт. Расстановка модулей – произвольная. Адрес определяется местом установки. Корректная работа с процессором индицируется светодиодом на модуле.

Модуль *CP6711* – принимает входные сигналы как постоянного, так и переменного тока; осуществляется фильтрация помех длительностью менее 20 мс.

Модуль *CP6723* – при отсутствии обращений к модулю в течение 200 мс возможна установка выходов в определенное состояние.

Модуль *CP6731* – осуществляется фильтрация помех кратных 50 Гц; для всех диапазонов контролируется некорректное значение сигнала; время преобразования не более 40 мс; входное сопротивление 120 Ом; самовосстанавливающиеся предохранители ограничивают в каналах токи на уровне 30 мА.

Модуль *CP6741*– требует внешнее напряжение 10,8–30 В; время установки выхода не более 8 мс; предельная допускаемая основная приведенная погрешность $\pm 0,1 \%$; предельная дополнительная допускаемая приведенная погрешность от изменения температуры окружающего воздуха на каждые $10^\circ\text{C} \pm 0,03 \%$.

Модуль *CP6751*– скорость до 115,2 кбод; индикация приема и передачи; в исходном состоянии настроен на прием стандартных пакетов MODBUS RTU.

Модуль *CP6761*– два ввода питания объединены на модуле через диоды; наличие входных напряжений 24 В на вводах отображается светодиодами; светодиодом также отображается наличие выходного напряжения 3,3 В.

Модуль *CP6644*– преобразует переменное однофазное напряжение 220 В промышленной частоты в постоянное стабилизированное напряжение/постоянный ток; предназначен также для питания токовой схемы, составленной из последовательно соединенных стабилитронов; имеет ограничение пускового тока, защиту от перегрузок и короткого замыкания, индикацию на выходе канала и индикацию о рабочем состоянии модуля питания.

Операторская панель *CP6920*– стационарный графический пульт предназначен для использования в сети распределенной системы управления совместно с контроллером, для конфигурирования контроллера, ввода, изменения и индикации параметров технологической программы в процессе работы. Характеристика: тип экрана LCD-TFT, количество цветов 256, яркость 450 кд/м^2 , максимальная скорость передачи 12 Мбит/с, встроенный контроллер C8051F130, питание подсветки экрана + 9,9 В, питание платы контроллера + 3,3 В, суммарная мощность не более 2,8 Вт, диапазон рабочих температур $0 - +70^\circ\text{C}$ [15].

Заключение

1. Проведен анализ технологического процесса, оборудования и существующей системы автоматизации ТДУ.

2. Разработана новая система автоматизации ТДУ: составлена функциональная схема автоматизации ТДУ, составлена спецификация на технические средства автоматизации ТДУ, выбран ПТК на базе ПЛК CP6700 и разработана блок-схема связи ПТК с ТДУ.

Список использованной литературы

Использованная литература в рассмотренном примере курсовой работы указана под соответствующими номерами в библиографическом списке данного учебно-методического пособия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Буйлов Г.П., Доронин В.А., Серебряков Н.П. Автоматика и автоматизация производственных процессов целлюлозно-бумажных производств: учебное пособие для вузов. – М.: Экология, 1995. – 320 с.
2. Буйлов Г.П., Доронин В.А., Серебряков Н.П. Автоматизированные системы управления теплоэнергетическими процессами и процессами отрасли: учебное пособие. – СПб.: СПбГТУРП, 2001. – 116 с.
3. Буйлов Г.П., Орлова Ю.В. Повышение эффективности пропитки химикатами осиновой щепы в производстве ХРММ// Целлюлоза. Бумага. Картон. – 2011. – №9. С.56-58.
4. Буйлов Г.П. Автоматизация оборудования целлюлозно-бумажного производства: учебное пособие по дипломному проектированию. – СПб.: СПбГТУРП, 2013. – 164 с.
5. Буйлов Г.П. Математические модели пропитки и пропарки щепы в производстве ВПВВ и их использование для управления и оптимизации: монография. – СПб.: СПбГТУРП, 2013. – 70 с.
6. Буйлов Г.П. Показатель пропитки осиновой щепы и энергопотребление при ее размоле// Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2017. – №11. – Ч.II. – С.16-19.
7. ГОСТ 21.208–2013. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматики в схемах. – М.: Стандартинформ, 2013. – 20 с.
8. Суриков В.Н., Буйлов Г.П. Автоматизация технологических процессов и производств: учебно-методическое пособие по курсовому проектированию. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2017. – 116 с.
9. <http://www.abb.ru>.
10. <http://www.advantix-pc.ru>.
11. <http://www.aquar-system.ru>.
12. <http://www.consys.ru>.
13. <http://www.metso.com>.
14. http://www.oao_apz.com.
15. <http://www.psis.ru>.
16. <http://www.ru.mitsubishielectric.com>.
17. <http://www.twerd.pl>.
18. <http://www.valmet.com>.
19. <http://www.vicont.ru>.
20. <http://www.volmag.ru>.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
Структура и содержание курсовой работы.....	4
Функциональные схемы автоматизации оборудования целлюлозно-бумажного производства.....	6
Выбор измерительных преобразователей	50
Выбор исполнительного устройства.....	58
Выбор контроллера ПТК.....	63
Пример курсовой работы.....	82
Библиографический список.....	99

Учебное издание

Герман Павлович Буйлов

**АВТОМАТИКА И АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ
ПРОЦЕССОВ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Учебно-методическое пособие
по курсовому проектированию

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

Темплан 2019 г., поз. 64

Подп. к печати 23.09.19.	Формат 60x84/16.
Бумага тип.№1. Печать офсетная.	Печ. л. 6,5 Уч. – изд. л. 6,5
Тираж 100 экз. Изд.№ . 64	Цена «С»
Заказ №	

Ризограф Высшей школы технологии и энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна, СПб., 198095, ул. И. Черных, 4.