

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Политехнический институт Механико-технологический факультет
Кафедра «Мехатроника и автоматизация»
Направление «Автоматизация технологических процессов и производств»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
В.Р. Гасияров

2018 г.

Автоматизация барабанной печи

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ БАКАЛАВРА
ЮУрГУ 15.03.04.2018.084.00 ПЗ (ВКР)

Нормоконтролер
Преподаватель
Е.А. Маклакова

2018 г.

Руководитель работы
Ст. преподаватель
Л.Н. Петрова

2018 г.

Нормоконтролер
Ст. преподаватель
С.С. Воронин

2018 г.

Автор работы
студент группы П-455
Тагир Булатович Кадыров

2018 г.

АННОТАЦИЯ

Кадыров Т.Б. Автоматизация барабанной печи. – Челябинск: ЮУрГУ, МТ; 2018, 69 с. 18 ил., 16 таблиц, библиогр. список – 26 наим., 8 прил.

В рамках выпускной квалификационной работы разработана система автоматизации барабанной печи для просушивания сыпучих материалов.

На базе имеющейся установки и ее компонентов была разработана система автоматизации барабанной печи. Разработанная система представляет собой совокупность исполнительных и чувствительных элементов, целью которых является облегчение производственного цикла.

Использование разработанной автоматизированной системы решит множество вопросов, таких как уменьшение трудоемкости процесса, снижение требований к квалификации и затрат на рабочий персонал; увеличение объемов и качества производимой продукции, снижение энергетических затрат на работу установки; снижение опасности факторов производства для людей и экологии (очень высокие температуры, большой электрический ток, загрязнение побочными продуктами производства).

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБЪЕКТА.....	7
1.1 Описание барабанной печи	7
1.2 Принцип работы	10
1.3 Цели автоматизации.....	11
2 РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ.....	14
2.1 Разработка схемы автоматизации функциональной.....	16
2.2 Разработка схемы электрической принципиальной	23
2.2.1 Выбор исполнительных элементов	24
2.2.2 Выбор чувствительных элементов	33
2.2.3 Выбор программируемого логического контроллера	35
2.2.4 Выбор панели оператора	38
2.2.5 Выбор других элементов автоматизации	39
2.3 Разработка схемы соединений	41
3 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ. 42	
3.1 Разработка алгоритма работы автоматизированной системы	42
3.2 Разработка интерфейса оператора.....	42
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	47
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	48
ПРИЛОЖЕНИЕ А Общий вид барабанной печи.....	51
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Габаритные размеры барабанной печи.....	53
ПРИЛОЖЕНИЕ В Функциональная схема автоматизации.....	55
ПРИЛОЖЕНИЕ Г Схема электрическая принципиальная.....	58

ПРИЛОЖЕНИЕ Д Схема соединений	60
ПРИЛОЖЕНИЕ Е Перечень элементов.....	63
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж Алгоритм работы автоматизированной системы	65
ПРИЛОЖЕНИЕ К Руководство пользователя по управлению	68

ВВЕДЕНИЕ

Темой выпускной квалификационной работы является автоматизация барабанной печи для просушивания сыпучих материалов.

В современном мире требуемые объемы производства нарастают с каждым годом за счет увеличения потребления различных видов продукции. Для того, чтобы производителям оставаться конкурентоспособными, им требуется адаптироваться к нынешним реалиям рынка: удешевить стоимость производства условной единицы объема продукции, увеличить объем производства для покрытия большей доли потребителей, тем самым обеспечить экономический рост и увеличить собственную прибыль. Для выполнения этих целей прибегают ко многим средствам, одним из которых является автоматизация производственных процессов.

Для достижения задач автоматизации требуется понимание и знание принципа работы автоматизируемой системы, ее составных частей, назначения и смысла производственного процесса. Это позволит выявить перечень требуемых элементов автоматизации, их настройку и функционал.

1 ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБЪЕКТА

1.1 Описание барабанной печи

Барабанная печь (рисунок 1.1) – установка для сушки сыпучих, пылеобразных и пастообразных материалов топочными материалами в различных отраслях производства: строительстве, металлургии, химической, стекольной промышленности, сельском хозяйстве и т.д.

В промышленности строительных материалов сушильный барабан устанавливается в технологических линиях для просушивания тепловым методом песка, глины, известняка, гипса, мелкого щебня, мела и других сыпучих материалов радиусом частиц менее 50-60 мм.

Подачу материала и топочного газа в барабанную печь осуществляют параллельно.

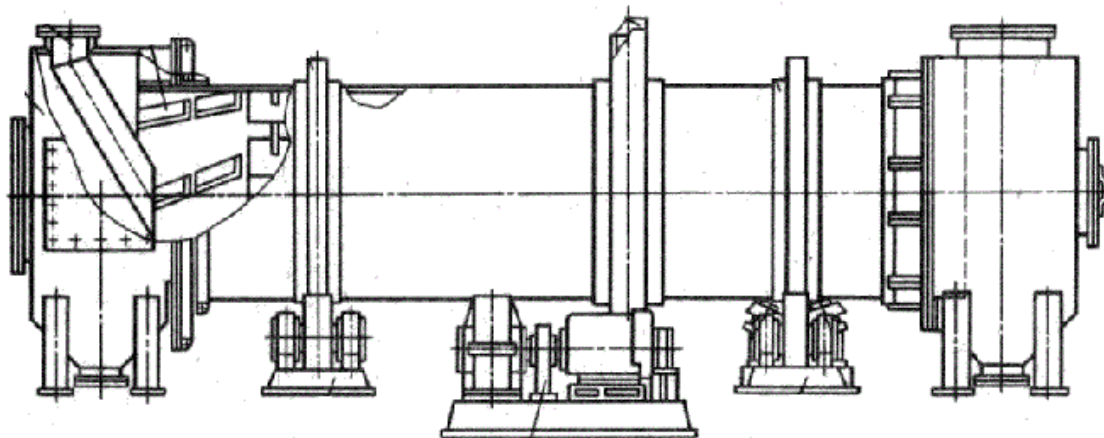


Рисунок 1.1 – Барабанная печь

По сравнению с другими видами сушильных установок барабанная печь имеет ряд преимуществ:

- благодаря постоянному перемешиванию материала внутри барабана частицы высушиваемого материала соприкасаются с частицами

топочных газов очень непродолжительное время, что позволяет использовать более высокие температуры для разогрева;

- использование высоких температур делают эти установки крайне экономичными как в отношении использования тепла, так и в отношении использования энергии сгораемого топлива;
- у барабанных сушилок достаточно высокая производительность;
- при должной оснастке барабанную печь можно настроить на просушивание кусковых материалов, которые не обладают сыпучими свойствами.

Барабанная печь выполняется в виде сварного цилиндра. К ее наружным частям прикрепляются бандажные опоры, а также зубчатый венец, через который осуществляется вращение барабана. Наклон оси барабана составляет порядка 2-6 градусов от горизонтали.

Во избежание лишних потерь тепла из барабана ее наружная часть покрывается термоизоляционным материалом, а между вращающимся барабаном и неподвижной камерой установлено уплотнительное устройство. Для защиты зубчатый венец закрывается кожухом.

Внутри барабана располагаются насадки. Требования к их конструкции зависят от физических свойств высушиваемого материала. Со стороны загрузочной камеры располагается многозапорная винтовая насадка. В зависимости от диаметра барабана он может иметь от 6 до 16 спиральных лопастей. При сушке материалов, обладающих высоким уровнем налипания к внутренним поверхностям барабана, также прикрепляют цепи, которые дробят прилипшие куски материала и отчищают стенки барабана, либо вместо цепей устанавливают ударные приспособления, крепящиеся с внешней стороны барабана.

В зависимости от свойств продукта применяются различные схемы винтовых насадок, регламентированных по ГОСТ 27134-86 (рисунок 1.2). Для прилипающих и состоящих из крупных кусков (обычно более 8 мм) материалов применяют лопастную систему насадок (см. рисунок 1.2а, 1.2б), для сыпучих

материалов – распределительную (см. рисунок 1.2в, 1.2г), для пылеобразных – распределительную с не сообщающимися ячейками (см. рисунок 1.2д). В случае, если в процессе высушивания свойства материала меняются (например, влажный липучий материал становится сыпучим), то применяются различные насадки на различных промежутках барабана.

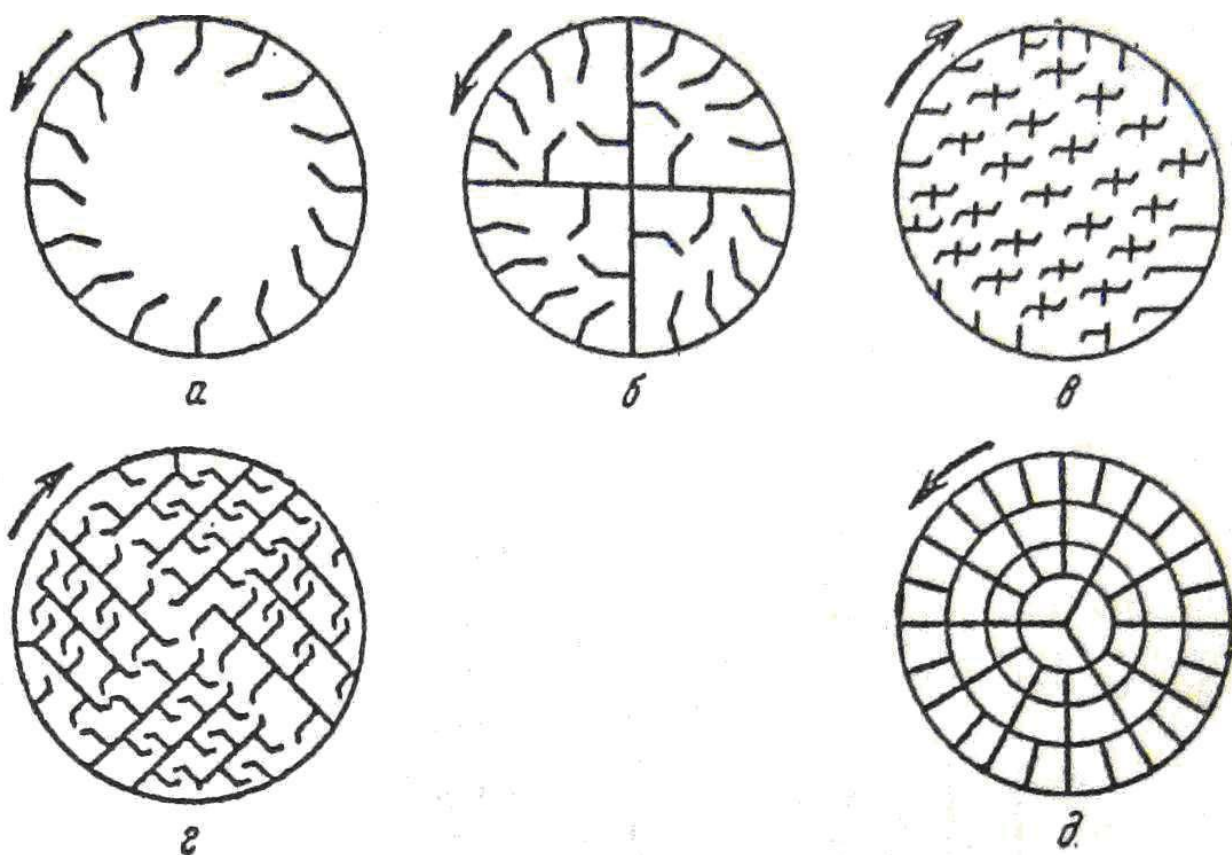


Рисунок 1.2 – Разновидности насадок барабанных сушилок

Корпус, как барабана, так и загрузочного и разгрузочного камер изготавливают, как правило, из углеродистых сталей. В некоторых ситуациях, когда приходится иметь дело с очень высокими температурами, также используют жаростойкие марки сталей.

1.2 Принцип работы

Барабанная печь просушивает сырой материал газами из топок. Топки (теплогенераторы) работают на жидком или газообразном топливе, сжигание которого осуществляется в горелке. Топочные газы обволакивают пересыпающийся материал, нагревают его и всасывают содержащуюся в нем влагу.

Эффективность сушки материалов в сушильных барабанах характеризуется удельной паронапряженностью – количеством воды, испаренной за 1 час с 1 м³ рабочего объема барабана. Удельная паронапряженность зависит от свойств материалов, их начальной и конечной влажности и для различных материалов может сильно отличаться. При выборе сушильных барабанов пользуются опытными материалами.

Материал для просушки подается в сушильный барабан из камеры загрузки, куда также подаются топочные газы. При вращении барабана материал пересыпается по внутренним насадкам и передвигается по оси барабана к выходу за счет установленного внутри барабана шнека, при этом нагреваясь и высушиваясь. Отработавший топочный газ перемещается к выходу барабана за счет установленной там вытяжки, создающей внутри барабана разницу давлений и удаляющей из установки пары жидкостей и дым.

Сушка происходит при соприкосновении топочных газов с сырым материалом тремя способами:

- 1) при падении сырого материала с лопастей, обдуваясь топочными газами;
- 2) с поверхности наваленного на нижней части барабана материала;
- 3) от соприкосновения более нагретых поверхностей (стенок, лопастей).

При сушке материала в барабанной печи следует соблюдать следующие условия:

- 1) обеспечить максимально возможный перепад температуры газов при их движении от входа к выходу барабана. Однако следует учитывать, что при температуре выше 700-800 °С возникает риск температурной

деформации барабанной печи или его компонентов, а при снижении температуры ниже 100-150 °С происходит конденсация паров воды на внутренних стенках барабана, что не только делает процесс сушки бесполезным, но и может привести к еще большему увлажнению материала. Также при подборе температур нужно учитывать характеристики высушиваемого материала, чтобы в процессе сушки с ним не случилось нежелательных изменений (например, воспламенения);

- 2) не заполнять барабан материалом более чем на 15-20% от его полного объема;
- 3) материал должен поступать в печь равномерно и нормировано, консистенция и отдельные куски материала должны быть приблизительно одинаковыми по плотности и размерам. При слишком большой подаче материала он будет выходить недостаточно просушенным, а при слишком малой подаче – сильно пересушенным;
- 4) обеспечить определенную скорость подачи сушильных газов, скорость движения которых не должны превышать 1,5-2 м/с, так как это чревато сильным уносом материала и пылеобразованием, особенно это касается сыпучих и пылеобразных материалов.

1.3 Цели автоматизации

Автоматизация преследует совокупность различных целей:

- технические: повышение качества продукции за счет устранения ошибок человеческого фактора (усталость, невнимательность и т.д.), увеличение объемов производства путем создания непрерывного цикла производства;
- экономические: уменьшение количества трудовых ресурсов за счет передачи части человеческого труда машине, снижение требований к квалификации рабочего персонала, сокращение затрат на условную

единицу объема производимой продукции за счет уменьшения трудоемкости работ, оптимизация трудового потенциала у рабочего персонала путем перепоручения трудоемкой и/или рутинной работы автоматизированной системе;

- социальные: снижение/ликвидация использования труда рабочего персонала в неблагоприятных для человеческого организма условиях (чрезмерная запыленность, высокие уровни шума, опасность поражения электрическим током и т.д.)

В рамках выпускной квалификационной работы проводится автоматизация барабанной печи для просушивания сыпучих материалов.

Данная установка является частью линии по просеиванию и просушке материалов, используемых в строительной промышленности (глина, песок, гипс, мел, стекло, щебень мелкой фракции). В дальнейшем из этих материалов изготавливаются различные стройматериалы: кирпичи, строительные блоки, бетон, цемент и т.д.

Подача топочных газов будет осуществляться из горелки, соединенной с внутренним пространством барабанной печи через воздушную трубную магистраль. Горелка работает на жидком топливе (дизельное топливо).

Хотя горелка и является автономным устройством, но она должна сообщаться с автоматизированной системой барабанной печи для передачи собственных сигналов с датчиков и приема настроек системы.

Для достижения этой цели в имеющуюся неавтоматизированную систему внесены следующие изменения:

- для управления рабочими органами системы подобраны и установлены электродвигатели, работающие от промышленной сети напряжения;
- подбор и установка чувствительных элементов системы (термопары), для фиксации и контроля температуры в различных частях системы;
- автоматизация управления режимами работы горелки и вытяжной системы барабанной печи в зависимости от температурного состояния;

- создание единого центра управления всеми устройствами системы (панели оператора);
- добавление интуитивно понятного и простого в использовании интерфейса оператора, охватывающего весь функционал системы, от рабочих настроек до контроля и управления работой системы.

Также для полноценной автоматизации производственной линии требуются система просеивания сырого сыпучего и кускового материала в более мелкую фракцию, автоматизированная подача материала в приемную камеру и автоматизированный вынос материала из выгрузочной камеры, но в рамках данной работы они не будут рассматриваться.

2 РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

В качестве объекта автоматизации была выбрана барабанная печь для просушивания сыпучих материалов.

В настоящее время данная установка может работать только в режиме ручного управления, что вызывает ряд сложностей: необходимость контролировать частоты вращений для двигателей, которые управляют барабаном и вентилятором вытяжки через частотные преобразователи; трудно обеспечить стабильный уровень температур на протяжении всей системы, так как это требует постоянного контроля и вмешательства со стороны оператора и/или точного расчета настроек системы в зависимости от свойств материала и топлива.

В автоматическом режиме данная установка будет работать по нижеописанному принципу.

До начала работы барабанной печи на панели оператора задаются входные настройки системы. К ним относятся:

- 1) минимальная и максимальная допустимые температуры топочных газов внутри горелки ($T_{f_{\min}}$ и $T_{f_{\max}}$ соответственно);
- 2) минимальная и максимальная допустимые температуры топочных газов на выходе из барабана ($T_{c_{\min}}$ и $T_{c_{\max}}$ соответственно);
- 3) рекомендуемые скорости вращения барабана и вытяжки, которые будут зависеть от консистенции высушиваемого материала и требуемой интенсивности просушивания (N_{M4} и N_{M5} соответственно);

После запуска установки на заданной мощности N_{M4} запускается вытяжка, которая обеспечивает перепад давления внутри барабана и за счет этого перемещает топочные газы на протяжении всего барабана, а также удаляет образующиеся во время высушивания пары жидкостей и продукты горения топлива в горелке. Спустя минуту, после установления тяги, включается горелка и в систему подается топочный газ, необходимый для просушивания сырого материала.

Затем через транспортировочную систему в приемную камеру подается сырой материал, который на входе предварительно измельчается дезинтеграторами. По длине барабана от входа к выходу высушиваемый материал перемещается шнеком, а во избежание прилипания особо липучих материалов к внутренним стенкам барабана на стенку барабана устанавливается вибратор.

Как было сказано выше, для наиболее эффективной просушки внутри системы нужно держать стабильный уровень температур. Это будет осуществляться за счет управления мощностью работы вентилятора и подачей топлива в горелку.

Температура на входе системы главным образом зависит от температуры горелки. Поэтому, в случае, если температура внутри горелки превысит максимально допустимую, подача топлива будет снижена. Если же температура упадет ниже минимально допустимой – подача будет повышена.

При перемещении по протяжению барабана топочные газы остывают, теряя свое тепло на прогрев материала и внутренних стенок установки. Для обеспечения максимально эффективной траты энергии, а также во избежание возникновения конденсата на выходе необходимо контролировать выходную температуру топочных газов. Это будет осуществляться за счет изменения мощности работы вытяжки: при превышении выходной температуры максимальной нормы мощность будет увеличена, при снижении – понижена.

Для осуществления данной системы будет необходимо фиксировать следующие параметры:

- 1) температура, устанавливаемая внутри горелки – осуществляется средствами самой горелки, информация будет передаваться в систему;
- 2) температура, устанавливаемая на выходе из барабана (немного поодаль от вытяжки).

Также потребуются управлять следующими элементами системы:

- 1) включение/отключение дезинтегратора, который осуществляет разрушение крупных частей входного материала;
- 2) включение/отключение вибратора;
- 3) включение/отключение шнека;

- 4) управление мощностью вытяжки;
- 5) управление частотой вращения барабана;
- 6) подача управляющих команд горелке.

2.1 Разработка схемы автоматизации функциональной

Схема функциональная автоматизации является основным техническим документом, определяющим функционально-блочную структуру отдельных узлов автоматического контроля, управления и регулирования технологического процесса и оснащение объекта управления приборами и средствами автоматизации и выполняется в соответствии с ГОСТ 24.302-80, ГОСТ 21.404-85, ГОСТ 2.702-75 и ГОСТ 2.708-81.

На схеме функциональной автоматизации указывается упрощенное изображение объекта автоматизации и его частей, исполнительные устройства и средства автоматизации, также показывают линии связи. Элементами схемы могут быть условные обозначения приборов и других функциональных средств автоматизации. Связи на схеме показывают позиционное размещение приборов и устройств относительно управляемого объекта, информационные связи между элементами в процессе функционирования автоматизированной системы управления.

Автоматизированная барабанная печь состоит из следующих устройств:

- 1) дезинтегратор;
- 2) вибратор;
- 3) шнек;
- 4) вытяжка;
- 5) барабан;
- 6) магистраль топочных газов из горелки;
- 7) термопара.

Температура на выходе системы будет контролироваться термопарой. Термопара – термоэлектрический преобразователь, представляющий собой пару

проводников из различных материалов, соединенных на одном конце и формирующих часть устройства, использующего термоэлектрический эффект для измерения температуры. Принцип работы основывается на термоэлектрическом эффекте: при изменении температуры у различных металлов по-разному изменяется коэффициент термо-ЭДС, соответственно на месте спая двух разнородных металлов возникает разность потенциалов термо-ЭДС. Также термопара обладает способностью работать при более высоких температурах, нежели термодатчики, которые выходят из строя уже при температурах выше 150 °С, что недопустимо при фиксации температуры внутри печи, которая может достичь величины до 800 °С.

Термопара обозначена на функциональной схеме автоматизации как ТЕ (1-1). Данный элемент передает аналоговый входной сигнал (рисунок 2.1).

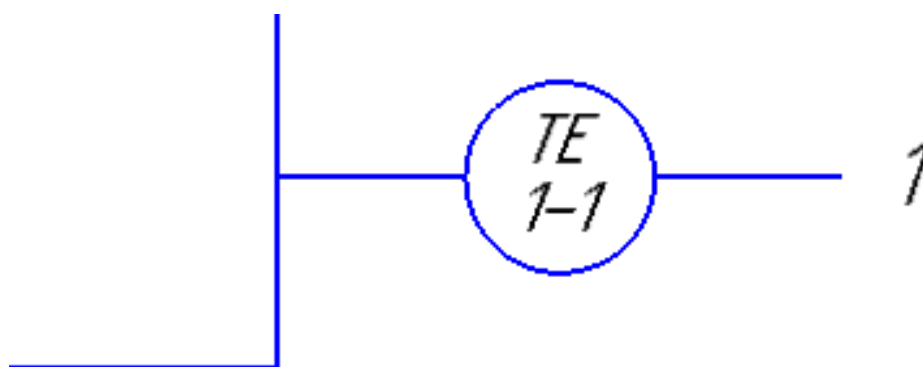


Рисунок 2.1 – Обозначение термопары в функциональной схеме автоматизации

На входе барабана установлен дезинтегратор (рисунок 2.2) – устройство, состоящее из двух вращающихся в противоположные стороны роторов, насаженных на отдельные валы. Входной материал подается в центр ротора, после перемещается к его периферии, подвергаются многократным ударам пальцев – цилиндрических деталей – вращающихся во встречных направлениях. Для управления работой дезинтегратора используется двигатель (рисунок 2.3). Двигатель обозначен на схеме автоматизации как М1.

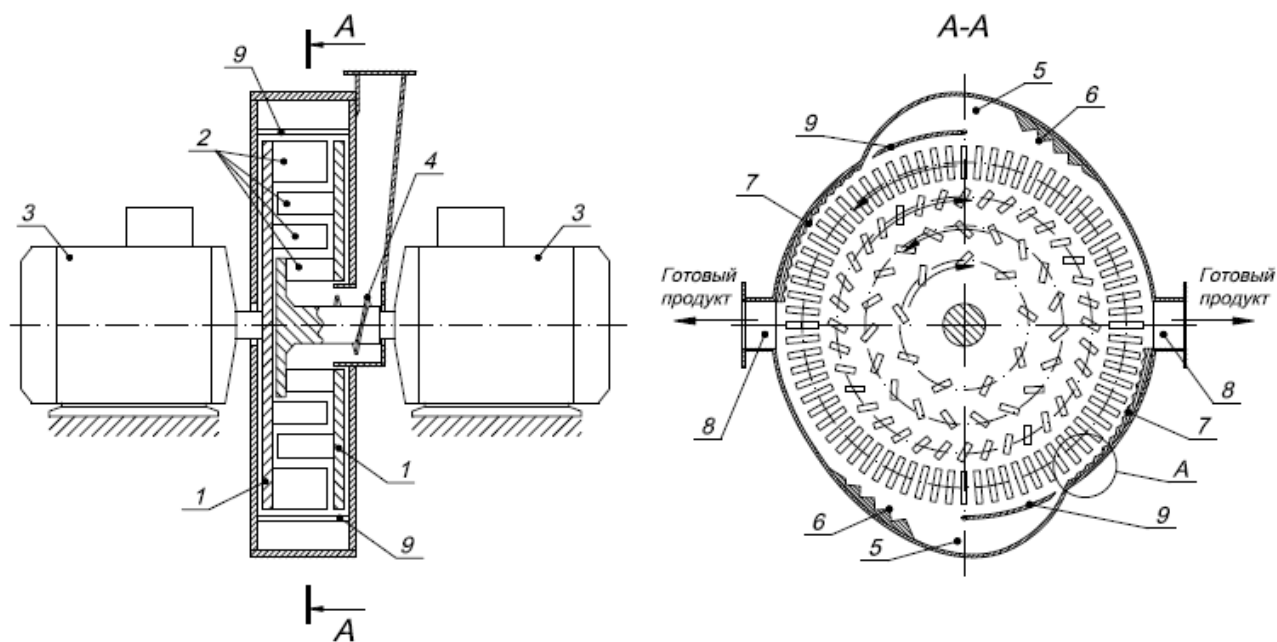


Рисунок 2.2 – Схематическое изображение дезинтегратора

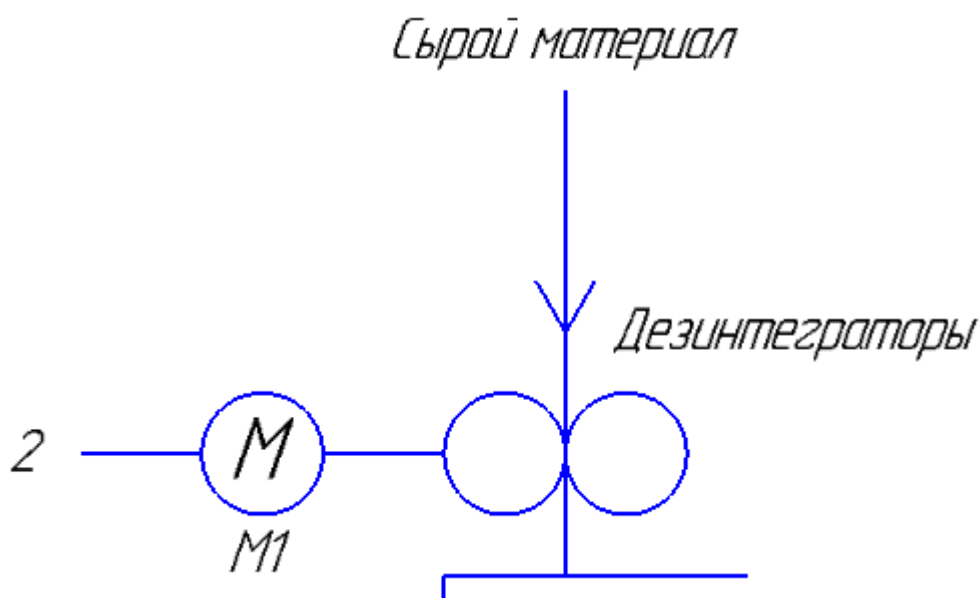


Рисунок 2.3 – Обозначение дезинтегратора в функциональной схеме автоматизации с управляющим мотором. Сверху в дезинтегратор попадает сырой материал

Для сбивания с внутренних стенок барабана прилипших частей материала с внешней стенки монтируется вибратор (рисунок 2.4). Принцип работы вибратора следующий: при запуске электрический ток приводит ротор вибратора во вращение. Через муфту и шпindelь крутящий момент ротора передает вращение

на гибкий вал, который вращает дисбаланс-бегунок, а вращение дисбаланс-бегунка оказывает вибрационное воздействие на стенку барабана, тем самым сбивая особо липучие части материала. Ротор вибратора обозначен на функциональной схеме как M2 (рисунок 2.5).

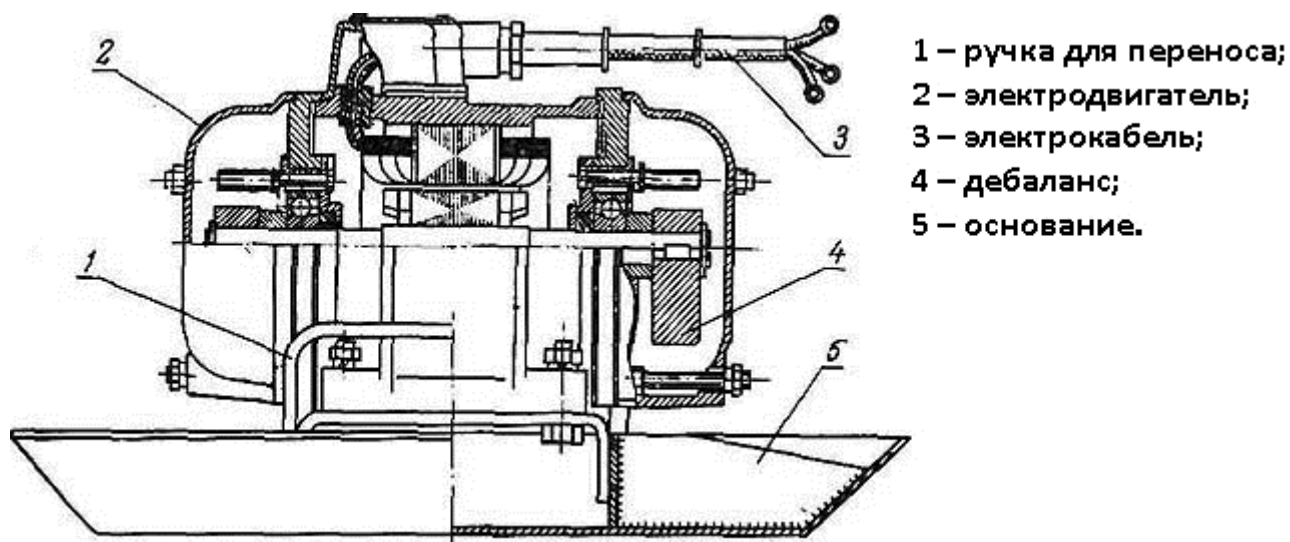


Рисунок 2.4 – Схема устройства вибратора

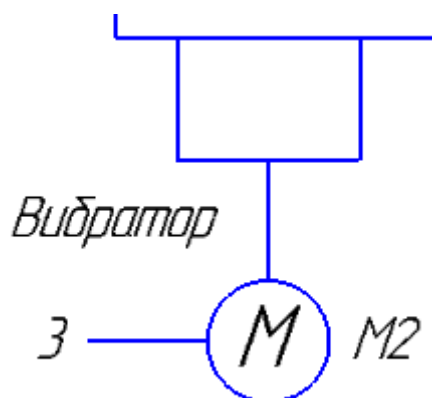


Рисунок 2.5 – Обозначение вибратора в функциональной схеме автоматизации с управляющим мотором

В данной сборке барабанной печи для перемещения материала вдоль длины барабана используется шнек (рисунок 2.6). Шнек представляет собой стержень со сплошной винтовой поверхностью вдоль продольной оси. Вращение шнека будет осуществляться через редуктор, соединенный с одного из концов шнекового

стержня, который в свою очередь управляется электродвигателем; с противоположного конца стержень шнека установлен на бандажный ролик. Электродвигатель управления вращением шнека на функциональной схеме обозначен как МЗ.

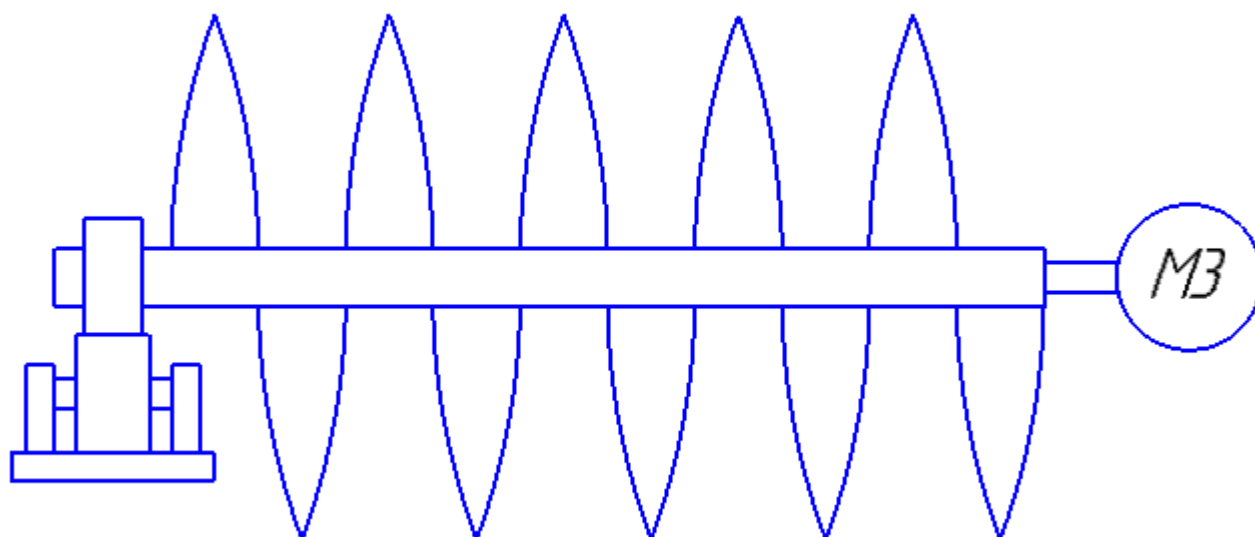


Рисунок 2.6 – Схема установки шнека внутри барабана

На вытяжке барабанной печи установлен вентилятор, управляемый трехфазным асинхронным двигателем (рисунок 2.7).

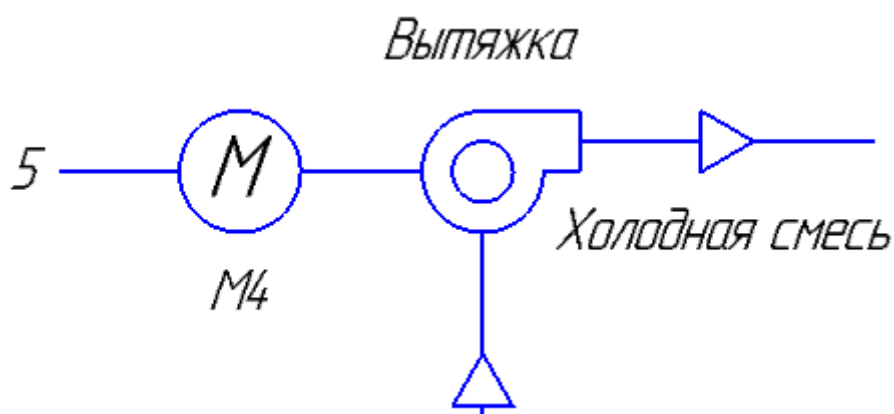


Рисунок 2.7 – Обозначение вытяжки в функциональной схеме автоматизации с управляющим мотором

В зависимости от режима просушивания, консистенции и влажности материала, степени загруженности барабана, изменения температурных параметров системы и других характеристик требуемая мощность работы вентилятора будет изменяться. Для регулирования скорости вращения лопастей вентилятора режим работы электродвигателя будет регулироваться частотным преобразователем.

Электродвигатель управления вентилятором вытяжки обозначается на функциональной схеме автоматизации как M4, а частотный преобразователь – как UZF1, расположен он на шкафу автоматики.

В целях унификации функционала барабанной печи для просушки материалов различной консистенции, в различных количествах и разной степени просушки требуется возможность настройки скорости вращения барабана. Скорость будет устанавливаться однократно после настройки и запуска системы, и не будет изменяться до окончания рабочего цикла. Эта функция будет осуществляться через частотный преобразователь, обозначена она на функциональной схеме автоматизации как UZF2 и располагается на шкафу автоматики. Управляющий барабаном двигатель обозначается как M5.

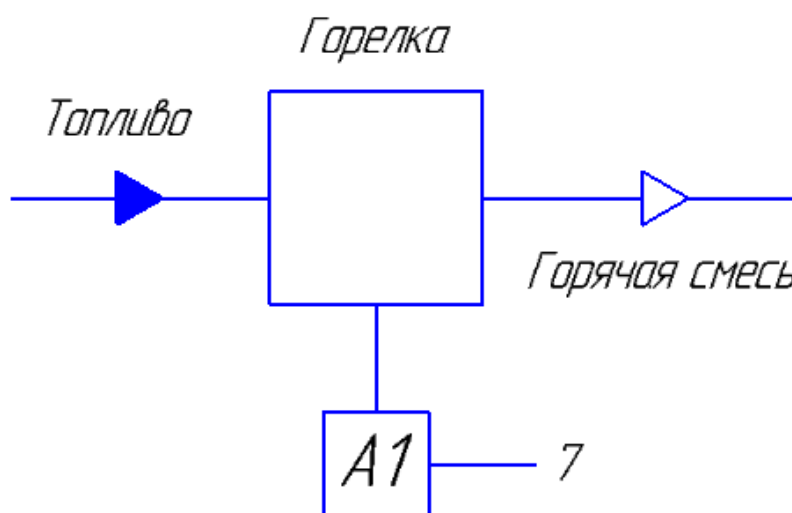


Рисунок 2.8 – Обозначение горелки в функциональной схеме автоматизации с управляющим блоком и направлением магистралей

Для полноценного осуществления плана автоматизации установки также потребуется обмен информацией с другим устройством – горелкой (рисунок 2.8).

Входная температура топочных газов должна быть в пределах установленного оператором диапазона, и в случае повышения/понижения требуется подать сигнал горелке, чтобы та отрегулировала темп подачи топлива в систему. А для получения информации о температурном уровне внутри горелки нужно получить сигналы с управляющей системы горелки, которая оснащена собственными термофиксирующими чувствительными элементами.

Общение системы автоматизации барабанной печи и горелки будет осуществляться через блок управления горелкой А1.

В приложении В на функциональной схеме автоматизации представлена схема подключения и установки всех элементов автоматизации барабанной печи.

К приборам, устанавливаемым по месту, относятся:

- 1) термопара 1-1;
- 2) асинхронный трехфазный двигатель М1;
- 3) асинхронный трехфазный двигатель М2;
- 4) асинхронный трехфазный двигатель М3;
- 5) асинхронный трехфазный двигатель М4;
- 6) асинхронный трехфазный двигатель М5;
- 7) блок управления горелкой А1.

В шкаф автоматики устанавливаются приборы (рисунок 2.9):

- 1) частотный преобразователь UZF1;
- 2) частотный преобразователь UZF2.

Работа автоматизированной системы будет обеспечиваться программируемым логическим контроллером. К нему предъявляются требования способов связей всех элементов автоматизации.

К аналоговым входам ПЛК подается 1 сигнал: термопара ТХА 1-1 (через 2 линии связи);

С дискретных выходов ПЛК подаются 3 сигнала на следующие элементы:

- 1) электродвигатель М1 (1 линия связи);

2) электродвигатель М2 (1 линия связи);

3) электродвигатель М3 (1 линия связи);

Обмен сигналами по линиям протокола RS-485 с ПЛК осуществляют следующие элементы:

1) частотный преобразователь UZF1;

2) частотный преобразователь UZF2;

3) блок управления горелкой А1.

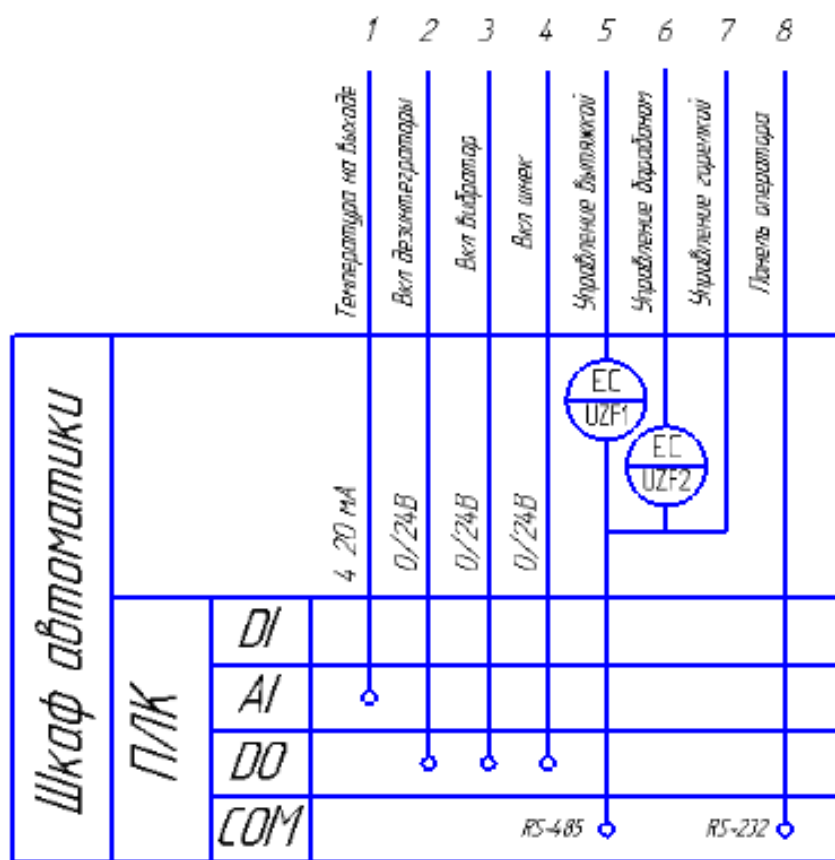


Рисунок 2.9 – Элементы, установленные в шкаф автоматики

2.2 Разработка схемы электрической принципиальной

В соответствии с функциональной схемой автоматизации была разработана схема электрическая принципиальная на барабанную печь (приложение Г).

Электрическая принципиальная схема представляет собой графическое изображение, которое при помощи условных графических и цифробуквенных значений показывает связи между различными элементами электрического устройства. Назначение схемы электрической принципиальной – указания к монтажу и сборке, диагностирование и устранение неполадок при ремонтных работах путем выборочных проверок элементов.

Далее следует описание подбора реальных элементов, используемых в разрабатываемой системе: чувствительных и исполнительных.

2.2.1 Выбор исполнительных элементов

Для автоматизации барабанной печи в систему необходимо установить следующие элементы:

- 1) двигатель с редуктором для управления работой дезинтегратора;
- 2) вибратор;
- 3) двигатель с редуктором для вращения шнека;
- 4) электродвигатель для вращения вентилятора на вытяжке;
- 5) частотный преобразователь для управления частотой вращения электродвигателя вентилятора;
- 6) электродвигатель с редуктором для вращения барабана;
- 7) частотный преобразователь для управления частотой вращения электродвигателя барабана;
- 8) блок управления горелкой.

Для управления роторами дезинтегратора будет применяться червячный мотор-редуктор NMRV-063-7,5-187-1,5-B3. Технические характеристики элемента показаны в таблице 1.

Данный мотор-редуктор использует асинхронный трехфазный двигатель 90L4-1,5.

Трехфазный двигатель представляет собой электродвигатель, питающийся от трехфазной сети переменного тока и представляет собой машину, состоящую из

статора с 3 обмотками, у которого магнитные поля сдвинуты в пространстве на 120 градусов. При подаче напряжения образуется магнитное поле в магнитной цепи машины. Если частота вращения ротора не равняется частоте вращения магнитного поля, то такой двигатель считается асинхронным.

Габаритные размеры электродвигателя указаны на рисунке 2.10. Технические характеристики показаны в таблице 2.

Таблица 1 – Технические характеристики мотора-редуктора NMRV-063-7,5-187-1,5-B3

Мощность двигателя, кВт	1,5
Частота вращения выходного вала, об/мин	186,7
Крутящий момент, Нм	68
Сервис-фактор	1,9
Передаточное число	7,5
Двигатель ИЕС	90L4
Радиальная нагрузка, Н	2359
Вес редуктора, кг	6,2

AC	195
AD	145
H	90
KK	M20
L	330
Q	5
M	165
N	130
P	200
R	0
S	12
T	3.5

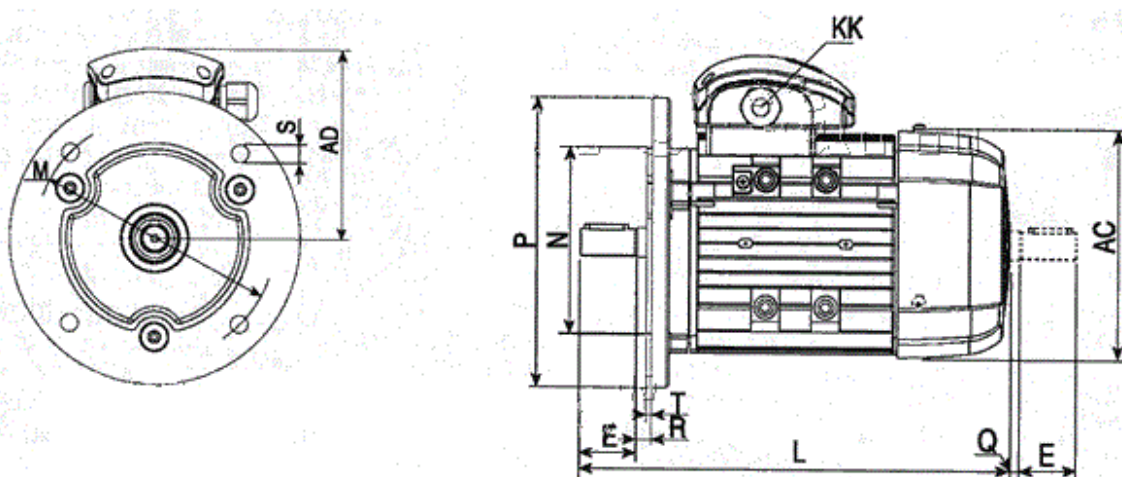


Рисунок 2.10 – Габаритные размеры электродвигателя

Таблица 2 – Технические характеристики электродвигателя 90L4-1,5

Полное название	двигатель электрический асинхронный трехфазный
Маркировка	90L-4
Количество полюсов	4
Мощность электродвигателя, кВт	1,5
Мощность электродвигателя, л.с.	2
Количество оборотов в минуту	1413
Тип крепления	фланцевое крепление (B5)
Класс изоляции	изоляция F
Защищенность	IP55
Типовой режим работы	режим S1
Номинальный крутящий момент, Н*м	10,14
Отношение стартового крутящего момента к номинальному	2,6
Отношение максимального крутящего момента к номинальному крутящему моменту двигателя	2,7
Номинальный ток, А	3,62
Отношение стартового тока двигателя к номинальному	4,9
Шум, дБ	61
Масса электродвигателя, кг	14

Для управления фазами трехфазного двигателя 90L-4 будет использоваться устройство плавного пуска ATSU01N209LT. Технические характеристики этого устройства указаны в таблице 3.

Таблица 3 – Технические характеристики ATSU01N209LT

Мощность, кВт	1,5
Номинальный ток, А	9
Напряжение питания, В	200-480
Выходная частота, Гц	50/60
Класс защиты	IP 20
Время разгона, секунд	1-10
Время торможения, секунд	1-10
Рабочая температура, °С	-10...+40

В качестве вибратора для этой системы был выбран вибратор OLI MVE 300/3 (рисунок 2.11). Характеристики оборудования указаны в таблице 4.

Вибратор в барабанной печи будет использоваться для создания вибраций на стенках барабана, которые нужны для сбивания налипших с внутренней стороны кусков просушиваемого материала.

Таблица 4 – Технические характеристики вибратора OLI MVE 300/3

Мощность, кВт	0,27
Рабочий момент, кг/см	6,39
Частота, об/мин	3000
Ток А max	0,52
Напряжение, В	380
Вынуждающая сила, кН	3,21
Размеры установки, мм	80-90-124-135x110-125-110-115
Габариты, мм	253x154x175
Масса, кг	9,8



Рисунок 2.11 – Вибратор OLI MVE 300/3

Для управления фазами трехфазного двигателя 80В-2 будет использоваться устройство плавного пуска ATS01N103FT (таблица 5)

Таблица 5 – Технические характеристики ATS01N103FT

Мощность, кВт	0,37
Номинальный ток, А	3
Напряжение питания, В	110-480
Выходная частота, Гц	50/60
Класс защиты	IP 20
Время разгона, секунд	1-5
Время торможения, секунд	-
Рабочая температура, °С	-10...+40

Вращение шнека, предназначенного для транспортировки высушиваемого материала на протяжении барабана, будет использоваться мотор-редуктор DRV 050/110. Данное устройство обладает следующими техническими характеристиками (таблица 6).

Таблица 6 – Технические характеристики мотора-редуктора DRV 050/110

Мощность двигателя, кВт	1,1
Частота вращения выходного вала, об/мин	9,3
Крутящий момент, Н*м	654
Сервис-фактор	1,9
Передаточное число	300
Двигатель ИЕС	80В2
Радиальная нагрузка, Н	10320

Данный мотор-редуктор использует трехфазный асинхронный двигатель 80В2-1,1. Габаритные размеры электродвигателя указаны на рисунке 2.12. Технические характеристики показаны в таблице 7.

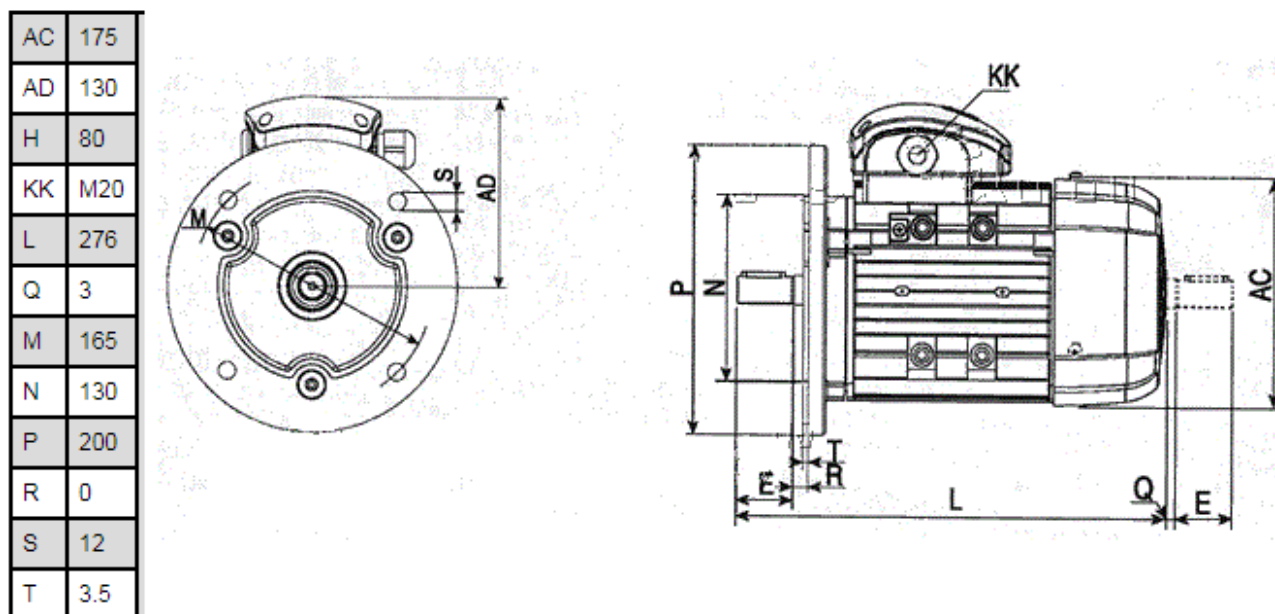


Рисунок 2.12 – Габаритные размеры электродвигателя

Таблица 7 – Технические характеристики электродвигателя 80B2-1,1

Полное название	двигатель электрический асинхронный трехфазный
Маркировка	80B-2
Количество полюсов	2
Мощность электродвигателя, кВт	1,1
Мощность электродвигателя, л.с.	1,5
Количество оборотов в минуту	2861
Тип крепления	фланцевое крепление (B5)
Класс изоляции	класс F
Защищенность	степень защиты электродвигателя IP55
Типовой режим работы	режим работы электродвигателя S1
Номинальный крутящий момент, Н*м	3,67
Отношение стартового крутящего момента к номинальному	2,8
Отношение максимального крутящего момента к номинальному крутящему моменту двигателя	3
Номинальный ток, А	2,45
Отношение стартового тока двигателя к номинальному	6
Шум, дБ	67
Масса электродвигателя, кг	11

Для управления фазами трехфазного двигателя 80B-2 будет использоваться устройство плавного пуска ATSU01N209LT. Характеристик этого устройства указаны в таблице 8.

Таблица 8 – Технические характеристики ATSU01N209LT

Мощность, кВт	1,5
Номинальный ток, А	9
Напряжение питания, В	200-480
Выходная частота, Гц	50/60
Класс защиты	IP 20
Время разгона, секунд	1-10
Время торможения, секунд	1-10
Рабочая температура, °С	-10...+40

Таблица 9 – Технические характеристики электродвигателя 5AMX132M2У3
11кВт 380В

Тип двигателя	5AMX132M2
Мощность, кВт	11
Напряжение питания, В	380
Климатическое исполнение	У3
Степень защиты	IP54
Режим работы	продолжительный S1
Монтажное исполнение	IM1081
Количество оборотов/минуту	2915
КПД, %	88,5
Ток при 380В, А	21
Момент, Н*м	36
Отношение стартового тока двигателя к номинальному	8
Момент инерции ротора кг/м ²	0,024
Масса, кг	69,5

Для осуществления перепада давления по всей протяженности 7,4 метрового барабана требуется очень мощная вытяжная система. Для осуществления этой цели на управление вентилятором вытяжки будет установлен асинхронный трехфазный двигатель с короткозамкнутым ротором модели 5AMX132M2УЗ 11кВт 380В, производимый Владимирским электромоторным заводом. Данный электродвигатель обладает следующими характеристиками (таблица 9).

Для управления частотой вращения электродвигателя в систему добавляется частотный преобразователь фирмы Schnieder Electric ATV310HD11N4E. Управление частотой вращения будет осуществляться сигналами с ПЛК, которые будут передаваться на частотный преобразователь через порты RS-485 по протоколу Modbus RTU.

Вращение барабана, масса которой составляет около 2700 кг (без учета массы загруженного в него материала и шнека), будет осуществляться через редуктор ЗМПз-50.

Данный мотор-двигатель использует асинхронный трехфазный двигатель ABLE MS100L3-4. Технические характеристики электродвигателя указаны в таблице 10.

Таблица 10 – Технические характеристики двигателя ABLE MS100L3-4

Маркировка	MS100L3-4
Мощность, кВт	4
Напряжение питания, В	380
Степень защиты	IP55
Количество об/мин	1420
КПД, %	84
Ток при 380В, А	8,82
Отношение стартового тока двигателя к номинальному	2,5

Для управления частотой вращения электродвигателя в систему добавляется частотный преобразователь фирмы Schneider Electric ATV310HU40N4E. Управление частотой вращения будет осуществляться сигналами с ПЛК, которые будут передаваться на частотный преобразователь через порты RS-485 по протоколу Modbus RTU.

2.2.2 Выбор чувствительных элементов

Правильный выбор чувствительных элементов является одним из важных факторов разработки автоматизированной системы. От этого будет зависеть точность и бесперебойность контроля состояний системы.

В рамках создания автоматизированной барабанной печи требуется добавить один чувствительный элемент, а именно термопару на выходе топочных газов из барабана.

Подбираемый элемент должен обладать следующими требованиями:

- 1) возможность наиболее точной фиксации температуры в пределах 0-750⁰С;
- 2) иметь запас прочности на непредвиденное превышение температуры выше указанного предела на 20-25%;
- 3) способность к снятию показателей в неблагоприятной среде (загрязненность, запыленность);
- 4) относительно легкая возможность замены в случае выхода из строя.

Рассмотрим таблицу имеющихся термопар для выбора наиболее подходящего к этой ситуации по характеристикам (таблица 11).

Наиболее подходящим для этой ситуации типом термопары является хромель-алюмелевая (ТХА): с одной стороны, она обладает более высоким пределом измеряемых температур (до 1200 ⁰С) в сравнении с хромель-копелевыми (до 600 ⁰С) и железо-константными (до 750 ⁰С); с другой стороны, она более доступная в силу относительной дешевизны и распространенности по сравнению с

термопарами из благородных металлов (платинородиевые, вольфрамрениевые и другие).

Таблица 11 – Характеристики разновидностей термопар

Тип	Металл	Диапазон	Примечание
В	Платина-родий	+600...+1700	Не рекомендуется применять при температурах ниже 600 °С, поскольку ЭДС слабая и не линейная
Е	Хромель-константан	-200...+700	Используется для криогенных приложений. Высокая чувствительность
J	Железо-константан	-200...+750	Не следует использовать выше +500 °С, так как происходит необратимое изменение переходов термопары
К	Хромель-алюмель	-200...+1200	Хорошая термопара общего назначения, широко используемая и не дорогая
N	Нихросил-нисил	-270...+1200	Улучшенная термопара, замена типу «К»
R	Платина-родий	0...+1300	Высокая стоимость и низкая чувствительность ограничивает использование. Это термопара используется в основном при измерении высоких температур
S	Платина-родий	0...+1300	Улучшенная термопара, замена типу «R». Высокая стоимость
T	Медь-константан	-200...+350	Так как оба металла не являются магнитными, этот тип термопары используют в устройствах магнитного типа, например, электрические генераторы

Для установки в систему будет выбран датчик ОВЕН ДТП-И. Это термопара со встроенным нормирующим преобразователем, предназначена для преобразования температуры измеряемой среды в унифицированный выходной сигнал 4...20 мА. Данный тип датчиков может быть изготовлен на базе термопар ТХА и ТХК. Для данной ситуации больше всего подходит модификация датчика ДТПК045Л-0101-80-И11.

Технические характеристики датчика указаны в таблице 12.

Таблица 12 – Характеристики датчика ДТПК045Л-0101-80-И11

Наименование	Значение
Номинальное значение напряжения питания (постоянного тока)	24 В
Диапазон допустимых напряжений питания (постоянного тока)	12 - 36 В
Диапазон выходного тока преобразователя	4 - 20 мА
Вид зависимости «ток от температуры»	линейная
Нелинейность преобразования, не хуже	±0,2%
Разрядность цифро-аналогового преобразователя, не менее	12 бит
Сопротивление каждого провода соединяющего преобразователь с термометром сопротивления, Ом, не более	30
Сопротивление линии связи с термоэлектрическим преобразователем, Ом, не более	100
Номинальное значение сопротивления нагрузки (при напряжении питания 24 В)	250 Ом ±5%
Максимальное допустимое сопротивление нагрузки (при напряжении питания 36 В) *	1200 Ом
Пульсации выходного сигнала	0,6%
Время установления рабочего режима для преобразователя (предварительный прогрев) после включения напряжения питания, не более	30 мин
Показатель тепловой инерции, не более	20...40 с

2.2.3 Выбор программируемого логического контроллера

Создание функциональной схемы автоматизации, подбор чувствительных и исполнительных элементов позволяет выдвигать требования для подбора подходящего по параметрам программируемого логического контроллера.

Используемый в системе автоматизации ПЛК должен обладать следующими свойствами:

- 1) питаться с напряжения 220В;
- 2) иметь возможность подключения термопары на аналоговый вход;
- 3) иметь возможность подключения 3 дискретных выходных линий для управления электродвигателями;
- 4) иметь протокол связи RS-485 для обмена информацией с 2 частотными преобразователями, управляющими 2 асинхронными трехфазными двигателями, а также для обмена данными с управляющим блоком горелки;
- 5) иметь протокол связи RS-232, который будет использоваться для двух целей: для загрузки программы на ПЛК (во время настройки системы) и для подключения через него панели оператора (в рабочем состоянии);
- 6) иметь встроенную систему таймера для отчета времени.

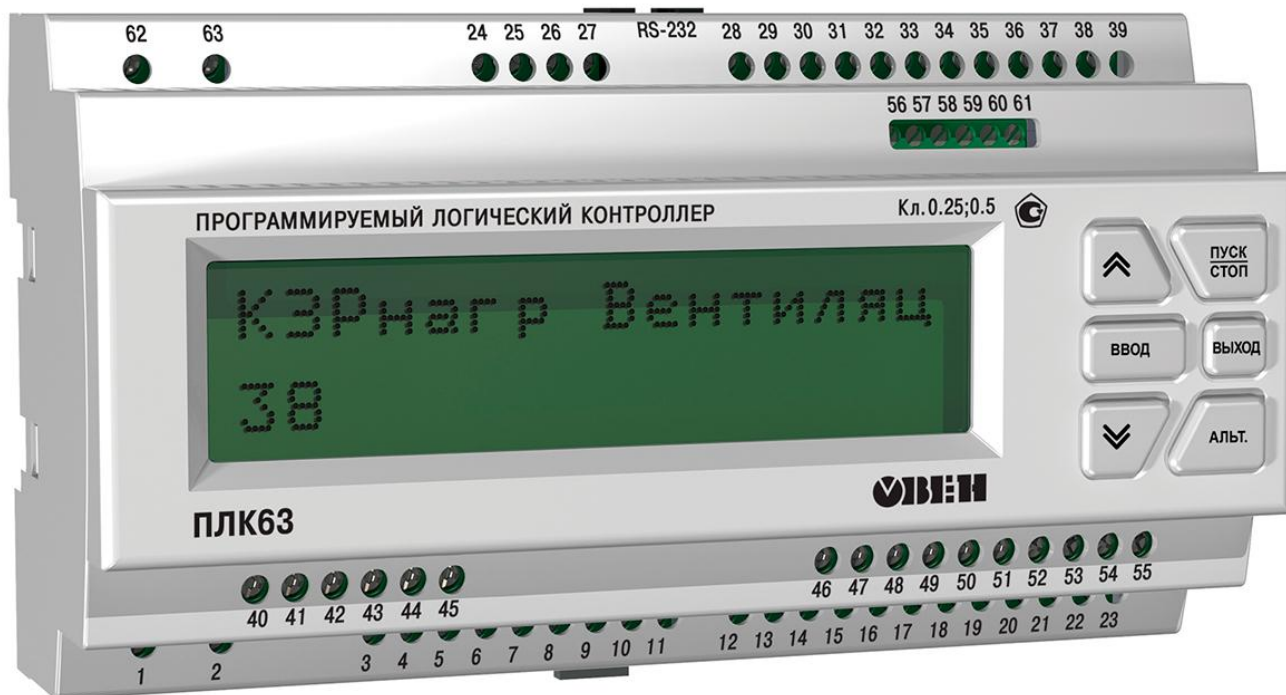


Рисунок 2.13 – Вид лицевой панели контроллера и расположение контактов

Таблица 13 – Технические характеристики программируемого логического контроллера ОВЕН ПЛК63

Центральный процессор	32-разрядный RISC процессор 50 МГц на базе ядра ARM7
Объем оперативной памяти для хранения переменных программ	10 кб
Объем памяти хранения программ	280 кб
Объем памяти ввода-вывода	600 байт
Объем энергонезависимой памяти	448 кб (Flash-память)
Время работы часов реального времени после пропадания питания	около 3 месяцев
Степень защиты корпуса по ГОСТ 14254-96	IP20
Напряжение питания	90...264 В
Потребляемая мощность, не более	18 Вт
Параметры встроенного вторичного источника питания	24В, не более 180 мА
Интерфейсы связи	RS-485, RS-232
Протоколы связи	ОВЕН, Modbus RTU/ASCII, GateWay (CodeSys)
Количество аналоговых входов	8
Типы подключаемых датчиков и сигналов	термосопротивления, термопары, сигналы тока, напряжения, сопротивления
Количество дискретных входов	8
Максимальная частота сигнала, подаваемая на дискретный вход	50 Гц
Количество выходных элементов	6 (1 из них – э/м реле)
Расширение количества дискретных выходов	8 дополнительных (ч/з модуль MP1)

Под данный перечень требований попадает программируемый логический контроллер фирмы ОВЕН ПЛК63.

Расположение контактов ПЛК, а также вид с лицевой стороны панели показаны на рисунке 2.13.

Характеристики программируемого логического контроллера указаны в таблице 13.

2.2.4 Выбор панели оператора

Таблица 14 – Технические характеристики сенсорной панели оператора ОВЕН СП307-Б

Наименование	СП307-Б
Процессор	AT91SAM9G35-CU
Память программ (Flash), Мб	128
Доступное число циклов перезаписи Flash-памяти на блок данных	75000
Оперативная память, Мб	128
Часы реального времени	есть, энергонезависимые
Звук	пьезоизлучатель
Тип дисплея	TFT LCD
Тип подсветки	LED
Количество цветов	16,7 млн (TrueColor)
Диагональ, дюймы	7
Разрешение	800x480
Рабочая зона, мм	154,1x85,9
Контрастность	500:1
Время наработки на отказ подсветки, часов при температуре 25 ⁰ С	50000

Продолжение таблицы 14

Интерфейсы	RS-232, RS-485
USB Device	1 порт USB 2.0
Номинальное напряжение питания, В	24
Максимальный потребляемый ток, мА	250
Максимальная потребляемая мощность, Вт	8
Конструктивное исполнение	для щитового крепления
Тип вентиляции	естественная вентиляция
Габаритные размеры, мм	200,4×146,9×49
Установочные размеры, мм	192,0×138,5
Степень защиты корпуса с лицевой стороны	IP65
со стороны разъемов	IP20
Рабочая температура, °С	0...50
Рабочая влажность, %	10...90
Масса, кг	1
Средний срок службы, лет	10

Для осуществления связи между системой и оператором через человеко-машинный интерфейс, в систему автоматизации добавляется сенсорная панель оператора фирмы ОВЕН СП307-Б.

Характеристики сенсорной панели представлены в таблице 14.

Связь между программируемым логическим контроллером и сенсорной панелью оператора осуществляется через протокол RS-232 Modbus RTU.

2.2.5 Выбор других элементов автоматизации

Для связи и обмена информацией между системой автоматизацией и горелкой, обеспечивающей барабанную печь топочными газами, будет использоваться блок управления горелкой фирмы Siemens LAL1.25.

Данное устройство должно передавать на ПЛК информацию о температуре внутри горелки, а из ПЛК на горелку уже поступают настройки температуры для корректировки степени подачи топлива в систему. Эта связь будет осуществляться через протокол RS-485 Modbus RTU.

Блок управления горелкой Siemens LAL1.25 обладает следующими характеристиками (таблица 15).

Таблица 15 – Технические характеристики Siemens LAL1.25

Напряжение	230В (номинальное 220В)
Частота сети	50...60 Гц
Предохранитель встроенный	T6.3H250В
Предохранитель внешний	max.10 А
Мощность	3,5 Вт
Степень защиты	IP 4С
Класс безопасности	II

Для обеспечения работы электронных компонентов системы нужен блок питания.

Таблица 16 – Характеристики БП15В-Д2-24

Входное напряжение, В	90...264
Частота входного напряжения, Гц	47...63
Нестабильность выходного напряжения при изменении напряжения питания	±0,2 %
Нестабильность выходного напряжения при изменении тока нагрузки	±0,25 %
Номинальное выходное напряжение, В	24
Максимальная мощность нагрузки, Вт	15

Для функционирования сенсорной панели оператора требуется напряжение в 24В. Потребляемый ток этого устройства равен 0,25А. С учетом указанной в технической характеристике мощности (см. таблицу 14), для обеспечения нужен

блок питания мощностью не менее 8 Вт. Этим условиям соответствует блок питания БП15В-Д2-24, характеристики которого указаны в таблице 16.

В системе автоматизации также есть элементы, питающиеся от однофазного тока 220В:

- 1) Программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК63 (18 Вт);
- 2) Блок управления горелкой LAL 1.25 (3,5 Вт);

А также асинхронные электродвигатели, питающиеся от трехфазного тока 380В:

- 1) 90L4 (1500 Вт);
- 2) OLI MVE 300/3 (270 Вт);
- 3) ABLE MS 100L3-4 (4000 Вт);
- 4) 80B2 (1100 Вт);
- 5) 5AMX132M2Y3 (11000 Вт).

Таким образом, суммарная потребляемая мощность элементов равна:
 $15+18+3,5+1500+270+4000+1100+11000=17906,5$ (около 18 кВт).

2.3 Разработка схемы соединений

Схема соединений содержит указания к монтажу элементов автоматизации. Разработанная схема соединений представлена в приложении Д.

Разработка схемы соединений проведена в соответствии с ГОСТ 2.702-2011 «Правила выполнения электрических схем» и ГОСТ 2.701-2008 «Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению».

3 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

3.1 Разработка алгоритма работы автоматизированной системы

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы был разработан алгоритм работы автоматизированной барабанной печи.

Разработанный в виде блок-схемы алгоритм представляет собой набор инструкций, предназначенных для помощи оператору в использовании данной установки.

Алгоритм работы автоматизированной барабанной печи представлен в приложении Е.

3.2 Разработка интерфейса оператора

В целях осуществления контроля над работой системы, а также задания входных настроек рабочего цикла при его запуске, требуется установка программы обеспечения на систему автоматизации.

Взаимодействие оператора с системой будет осуществляться через сенсорную панель оператора, расположенной непосредственно рядом с установкой. Программное обеспечение для управления и контроля системы разрабатывается в среде проектирования Simple SCADA.

В данной программе присутствуют две панели:

1. Панель ввода стартовых параметров системы (рисунок 3.1).

Эта панель отображается до рабочего запуска системы. В ней оператором указываются входные параметры работы системы, а именно:

- 1) минимальная допустимая температура внутри горелки, в $^{\circ}\text{C}$ (стандартное значение – 600, настраиваемый диапазон 400-910);
- 2) максимальная допустимая температура внутри горелки, в $^{\circ}\text{C}$ (стандартное значение – 700, настраиваемый диапазон 400-910);

- 3) минимальная допустимая температура на вытяжке, в °С (стандартное значение – 150, настраиваемый диапазон 100-610);
- 4) максимальная допустимая температура на вытяжке, в °С (стандартное значение – 200, настраиваемый диапазон 100-610);
- 5) скорость вращения барабана, в оборотах/минуту (стандартное значение – 24, настраиваемый диапазон 15-40);
- 6) изначальная скорость вращения вентилятора вытяжки, в оборотах/минуту (стандартное значение 2900, настраиваемый диапазон 1500-3000).



Рисунок 3.1 – Панель ввода стартовых параметров, все параметры установлены на стандартные значения

Для изменения значений цифровых настроек возле строк отображения значений на сенсорном экране присутствуют кнопки «-100», «-10», «-1», «+1», «+10», «+100» (для значений показателей 1,2,3,4,6) и кнопки «-10», «-1», «-0,1», «+0,1», «+1», «+10» (для значения показателя 5). Также присутствует кнопка «Сброс» для восстановления всех значений до стандартных.

Примечание: скорость вращения барабана НЕ равняется скорости вращения управляющего двигателя. Частота вращения электродвигателя рассчитывается

исходя из передаточного числа редуктора, который равен 60 (то есть, например, при скорости вращения барабана в 24 об/мин частота вращения двигателя будет равна $24 \times 60 = 1440$ об/мин).

После настройки цифровых значений оператору на выбор предоставляется два способа запуска установки: в автоматическом или ручном режиме.

При запуске в одном из выбранных режимов система начнет работать, и на экране отобразится следующая панель.

2. Панель контроля и управления системы (рисунок 3.2).

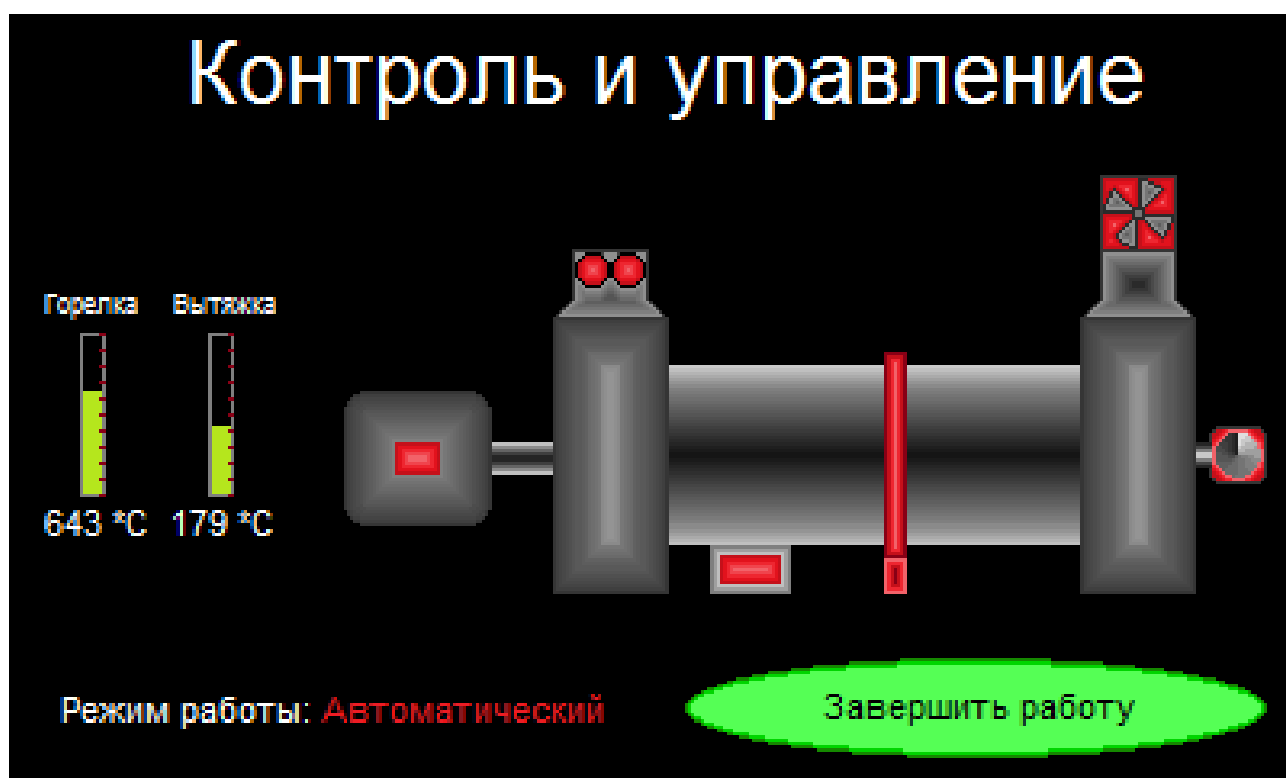


Рисунок 3.2 – Панель контроля и управления барабанной печью. Работа в автоматическом режиме, все элементы системы включены (красного цвета), температурные показатели в пределах нормы

На ней отображены 2 термометра: температуры внутри горелки (в диапазоне 0-1000 °C) и температуры возле вытяжки (в диапазоне 0-500 °C). Также кроме этого на экране отображаются состояния всех 5 электродвигателей и горелки: включен (элемент окрашивается красным) или выключен (элемент окрашивается синим). В ручном режиме работы можно самостоятельно управлять состоянием

работы электродвигателей, нажимая на экране на изображения управляемых ими элементов.

При снижении на какой-либо части системы температуры ниже указанного допустимого цвет жидкости внутри термометра будет окрашиваться в синий цвет; при превышении температуры выше указанного допустимого окрашиваться в красный цвет; если температура будет находиться в допустимых пределах, цвет жидкости в термометре имеет салатово-зеленый цвет (рисунок 3.3). Кроме того, при работе системы в ручном режиме в случае выхода одной из температур за пределы указанного диапазона сенсорная панель будет издавать звуковой сигнал предупреждения.



Рисунок 3.3 – Панель контроля и управления барабанной печью. Работа в ручном режиме, температура внутри горелки ниже допустимой нормы, температура у вытяжки выше допустимой нормы; для демонстрации отключена работа вибратора и шнека (синего цвета)

Для планового прекращения работы системы на панели оператора требуется нажать кнопку «Завершить работу». Все элементы системы останутся, а на экране снова отобразится панель ввода стартовых параметров системы.

Как видно из описания выше, система обладает такими преимуществами, как: русскоязычная локализация, в связи с использованием данной автоматизированной установки на территории РФ; интуитивная понятность системы, позволяющая достаточно быстро разобраться в нюансах управления даже оператору, недостаточно разбирающемуся в технических специальностях и не владеющему русским языком; отсутствие нужды в подключении дополнительных устройств управления, таких как ПК, клавиатура и т.д.; измерение температур в международной единице измерения – в градусах Цельсия. В то же время программа достаточно миниатюрна, благодаря чему слабо нагружает систему при работе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках выполнения выпускной квалификационной работы бакалавра была выполнена автоматизация барабанной печи для просушивания сыпучих материалов.

В период выполнения работы был изучен принцип работы барабанной печи, ее требования по эксплуатации, по нормам безопасности, технологии изготовления, сборки и установки составных компонентов устройства. Исходя из полученной информации, разработана система автоматизации. Подобраны подходящие по функционалу и характеристикам чувствительные и исполнительные элементы; для их взаимодействия с системой подобраны программируемый логический контроллер, сенсорная панель оператора. Разработана схема электрическая принципиальная и схема соединений элементов автоматизированной системы. Для общения оператора и системы разработан понятный интерфейс оператора.

Результатом выполнения выпускной квалификационной работы стало знакомство с основными принципами разработки автоматизированных систем управления объектами промышленного производства.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 СТО ЮУрГУ 04–2008 Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению / составители: Т.И. Парубочая, Н.В. Сырейщикова, В.И. Гузеев, Л.В. Винокурова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 56 с.

2 Решетов Д. Н. Учебник для студентов машиностроительных и механических специальностей вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1989. – 496 с.: ил.

3 Клюев А. С. Техника чтения схем автоматического управления и технологического контроля/ А. С. Клюев, Б. В. Глазов, М. Б. Миндин, С. А. Клюев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 432 с.: ил.

4 Смирнов В. А. Электроника систем управления Ч. 1: Аналоговая электроника: Учебное пособие. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2004. – 158 с.

5 ГОСТ 2.701 – 2008. ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению. – М.: Стандартинформ, 2009 – 22 с.

6 2.702 – 2011. ЕСКД. Правила выполнения электрических схем. – М.: Стандартинформ, 2011 – 29 с.

7 ГОСТ 27134-86 Аппараты сушильные с вращающимися барабанами. Основные параметры и размеры. – М.: Стандартинформ, 2002 – 2 с.

8 Принцип работы барабанной печи. - https://studopedia.ru/15_54127_opisanie-tehnologicheskogo-protssesa-i-tehnologicheskogo-proizvodstva-silikatnogo-kirpichana-primere-vinnitskogo-kirpichnogo-zavoda.html

9 Червячный мотор-редуктор. Описание и технические характеристики. - <http://motorreductor.ru/motor-reduktory-chervyachnye/odnostupenchatye-chervyachnye-motor-reduktory-nmrv/tipy-i-razmery-nmrv/chervyachnyj-motor-reduktor-nmrv-063>

10 Асинхронный трехфазный двигатель 90L-4. Описание и характеристики. - <http://www.wocar.ru/index.php?mod=drv&uitxt=323>

11 Вибратор площадочный OLI MVE 300/3 (аналог вибратора ИВ-99). - http://www.rvktex.ru/product/vibrator_oli_mve_300_3

- 12 Мотор-редуктор червячный DRV 050/110. -
<https://tehprivod.ru/katalog/motor-reduktory/chervyachnye-motor-reduktory/drv/050-110.html>
- 13 Асинхронный трехфазный двигатель 80В-2. Описание и характеристики. -
<http://www.wocar.ru/index.php?mod=drv&uitxt=441>
- 14 Электродвигатель ABLE MS100L3-4 4,0 kW. Технические характеристики. -
<http://www.lufte.ru/product/able-ms100L3-4/>
- 15 Асинхронный трехфазный электродвигатель 5AMX132M2У3 11кВт 380В. -
<http://www.agregat-ug.ru/index.php/katalog-tovarov/elektrodivigateli/obshchepromyshlennye/elektrodivigatel-air-132m2-11-kvt-2910-ob-min-bel-detail>
- 16 Блок управления горелкой SIEMENS LAL1.25. - <https://center-control.ru/product/siemens-1a11-25>
- 17 Преобразователи частоты фирмы Schneider Electric. - <https://www.schneider-electric.ru/ru/product/ATV312HU55N4/преобразователь-частоты-atv312-5.5квт-500в-3ф>
- 18 Устройства плавного пуска Schneider Electric серия Altistart 01. - <https://ies-drives.ru/equipment/softstart/Schneider/Altistart+01/>
- 19 Термопары фирмы OWEN ДТП-И. Описание и характеристики. -
<http://owen-pribor.ru/index/description/device/termopary-tha-thk-s-tokovym-vyhodom-4-20-ma-oven-dtp-i>
- 20 Описание принципа работы, соединения, разновидностей термопар. -
http://www.eti.su/articles/izmeritelnaya-tehnika/izmeritelnaya-tehnika_1518.html
- 21 ГОСТ 6616-94 Преобразователи термоэлектрические. Общие технические условия. – М.: Стандартинформ, 1999 – 28 с.
- 22 Программируемый логический контроллер OWEN ПЛК63 – технические характеристики:
http://www.owen.ru/catalog/programmiruemij_logicheskij_kontroller_owen_plk63/36153995

23 ПЛК63. Контроллер программируемый логический. Руководство по эксплуатации. КУВФ.421445.009 РЭ. - https://owen.ua/media/wysiwyg/downloads/re_plc63_8241.pdf

24 Сенсорные панели оператора ОВЕН СП3хх. Технические характеристики. - http://www.owen.ru/catalog/sensornie_paneli_operatora_oven_sp3xx/38711838

25 ОВЕН СП307 и СПБ310. Руководство по эксплуатации. - http://www.owen.ru/uploads/sp3xx._rukovodstvo_ieksplyuatacii_%5B2062%5D.pdf

26 Блок питания для промышленной автоматики ОВЕН БП15. - http://www.owen.ru/catalog/bloki_pitaniya_dlya_promishlennoj_avtomatiki/10656730

ПРИЛОЖЕНИЕ А Общий вид барабанной печи

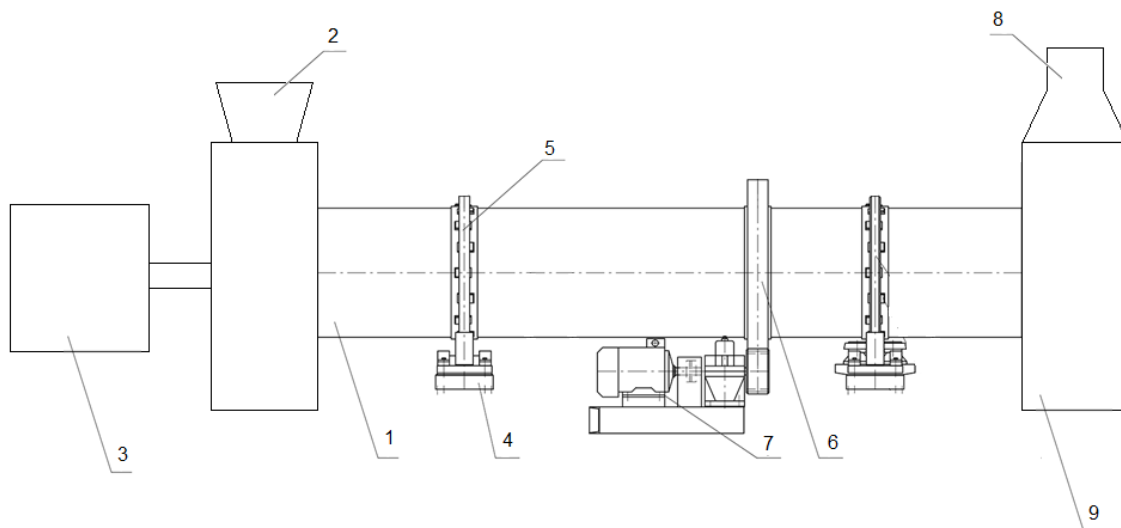


Рисунок А.1 – Общий вид барабанной печи

1 – вращающийся барабан; 2 – загрузочная камера; 3 – горелка; 4 – бандажные ролики; 5 – опоры барабана; 6 – зубчатый венец; 7 – редуктор с двигателем для вращения барабана; 8 – вытяжка; 9 – камера выгрузки.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б Габаритные размеры барабанной печи

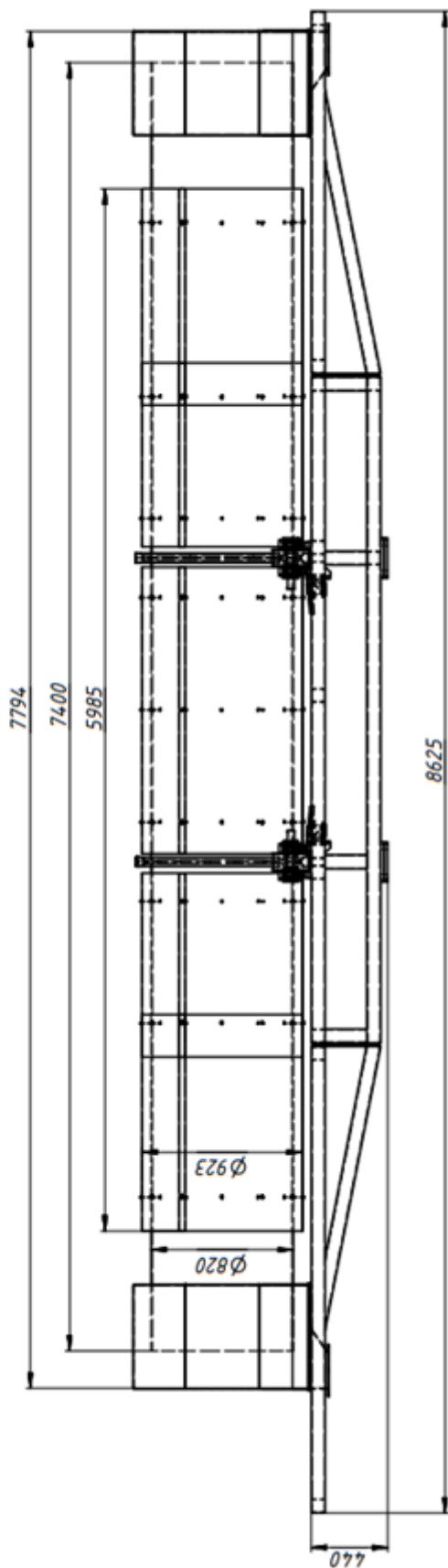


Рисунок Б.1 – Габаритные размеры барабанной печи

ПРИЛОЖЕНИЕ В Функциональная схема автоматизации

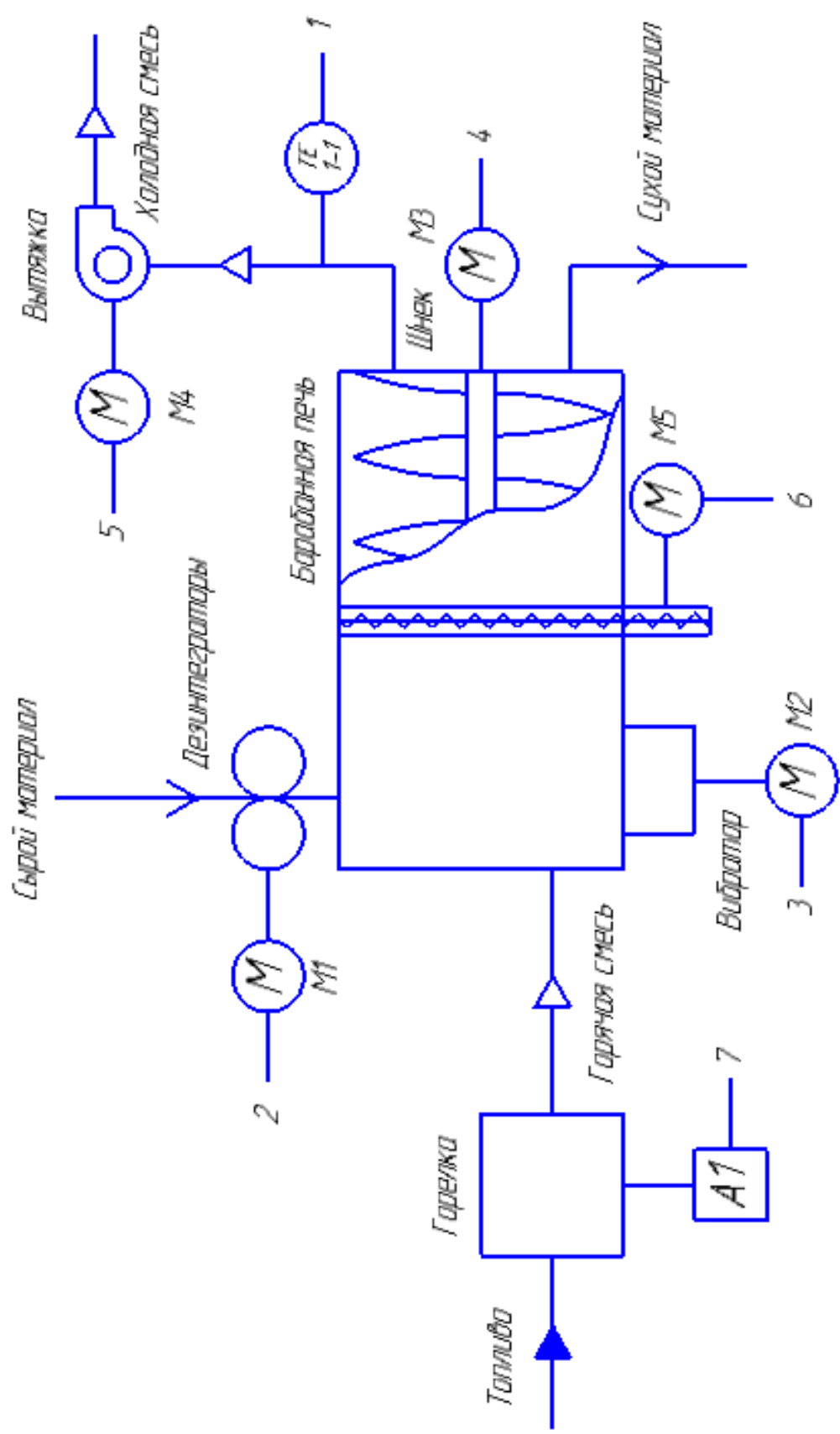


Рисунок В.1 – Схема автоматизации барабанной печи

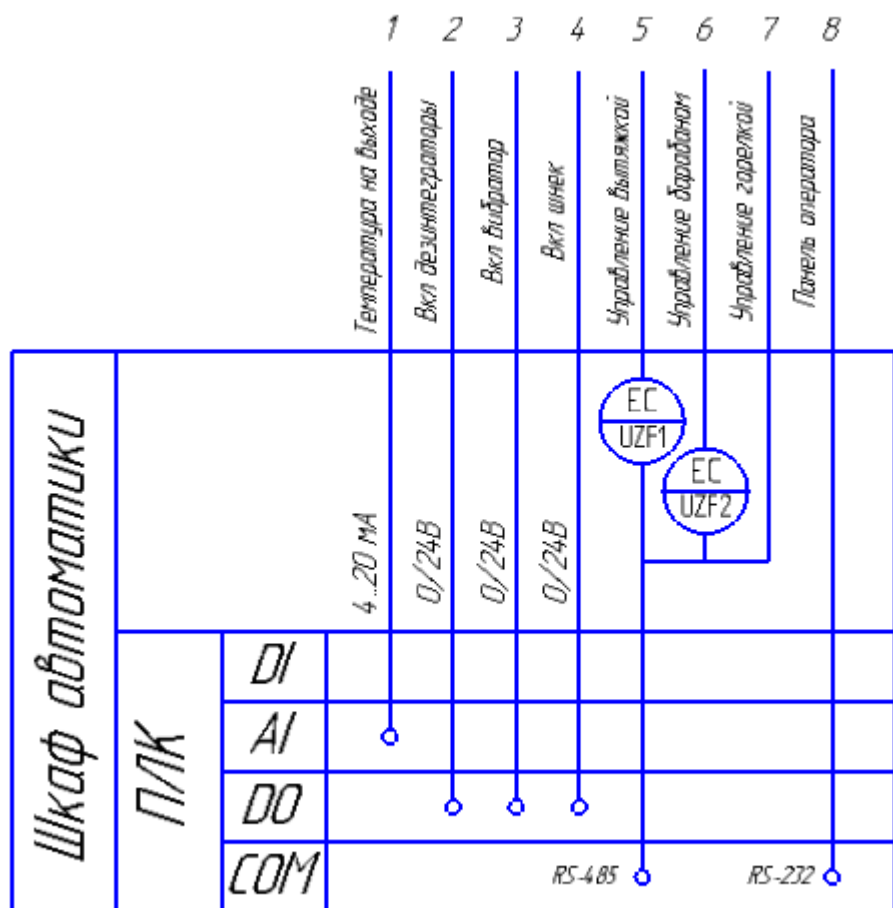


Рисунок В.2 – Схема подключений в шкаф автоматики

ПРИЛОЖЕНИЕ Г Схема электрическая принципиальная

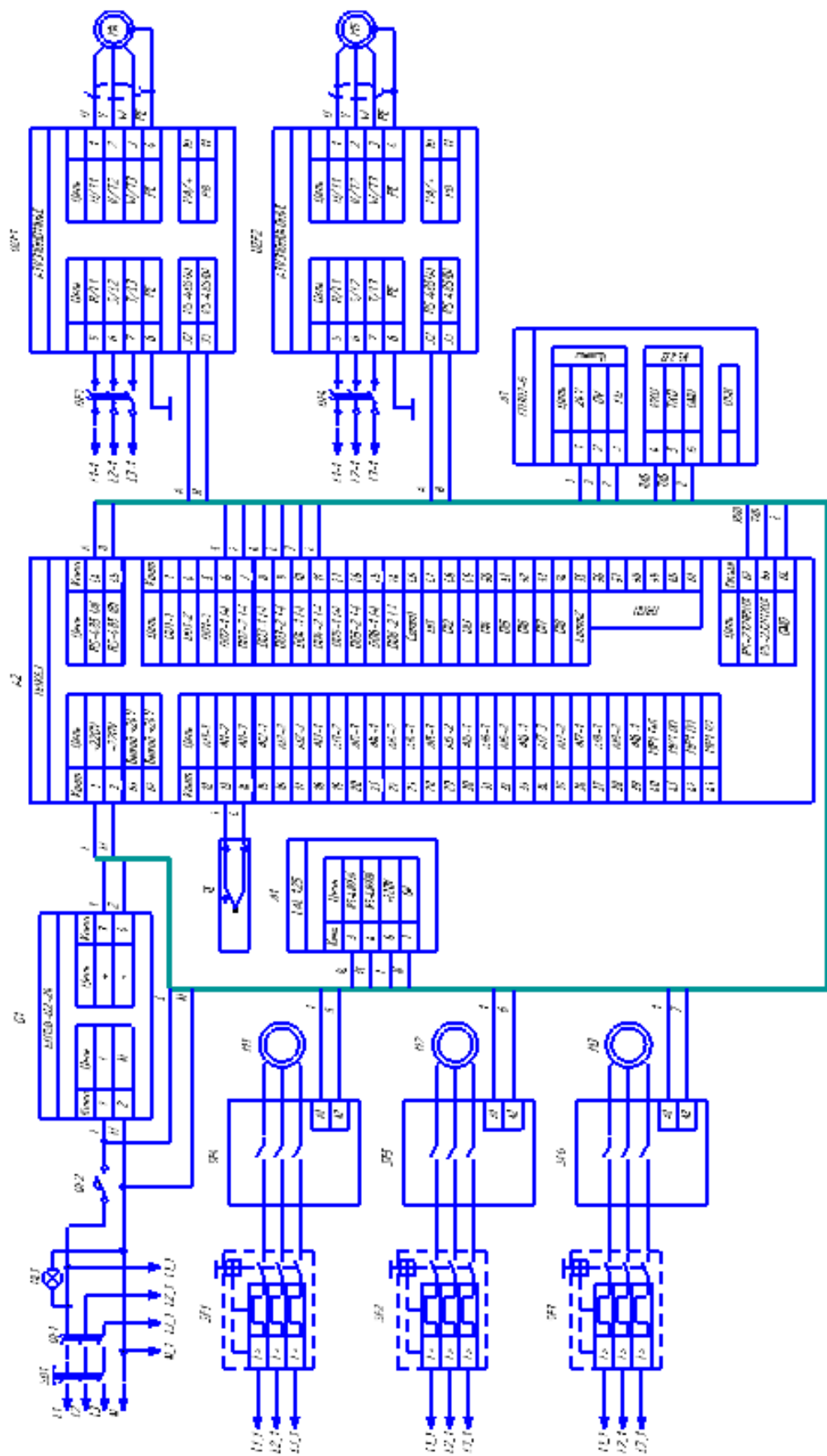


Рисунок Г.1 – Схема электрическая принципиальная

ПРИЛОЖЕНИЕ Д Схема соединений

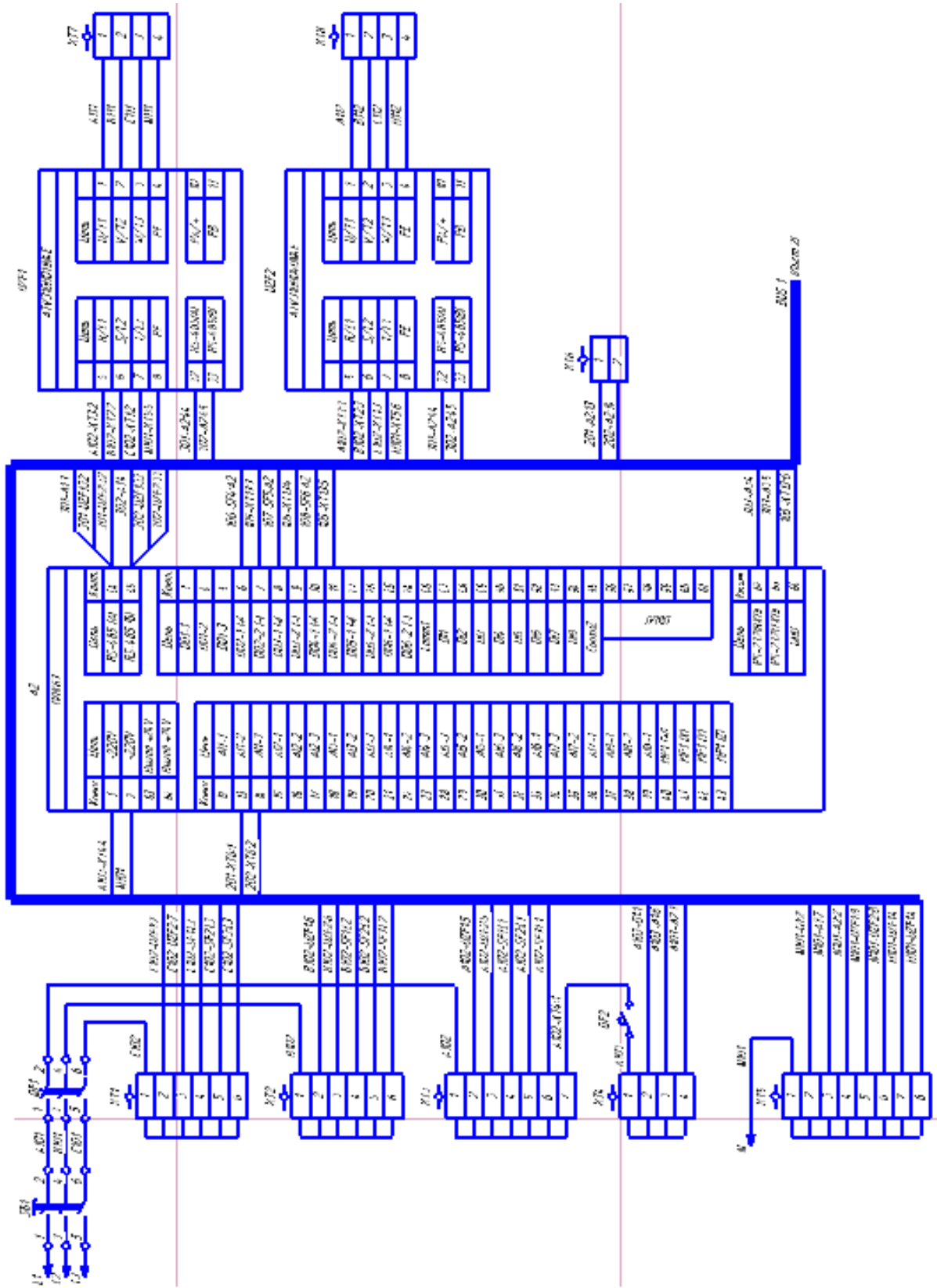


Рисунок Д.1 – Схема соединений (часть 1)

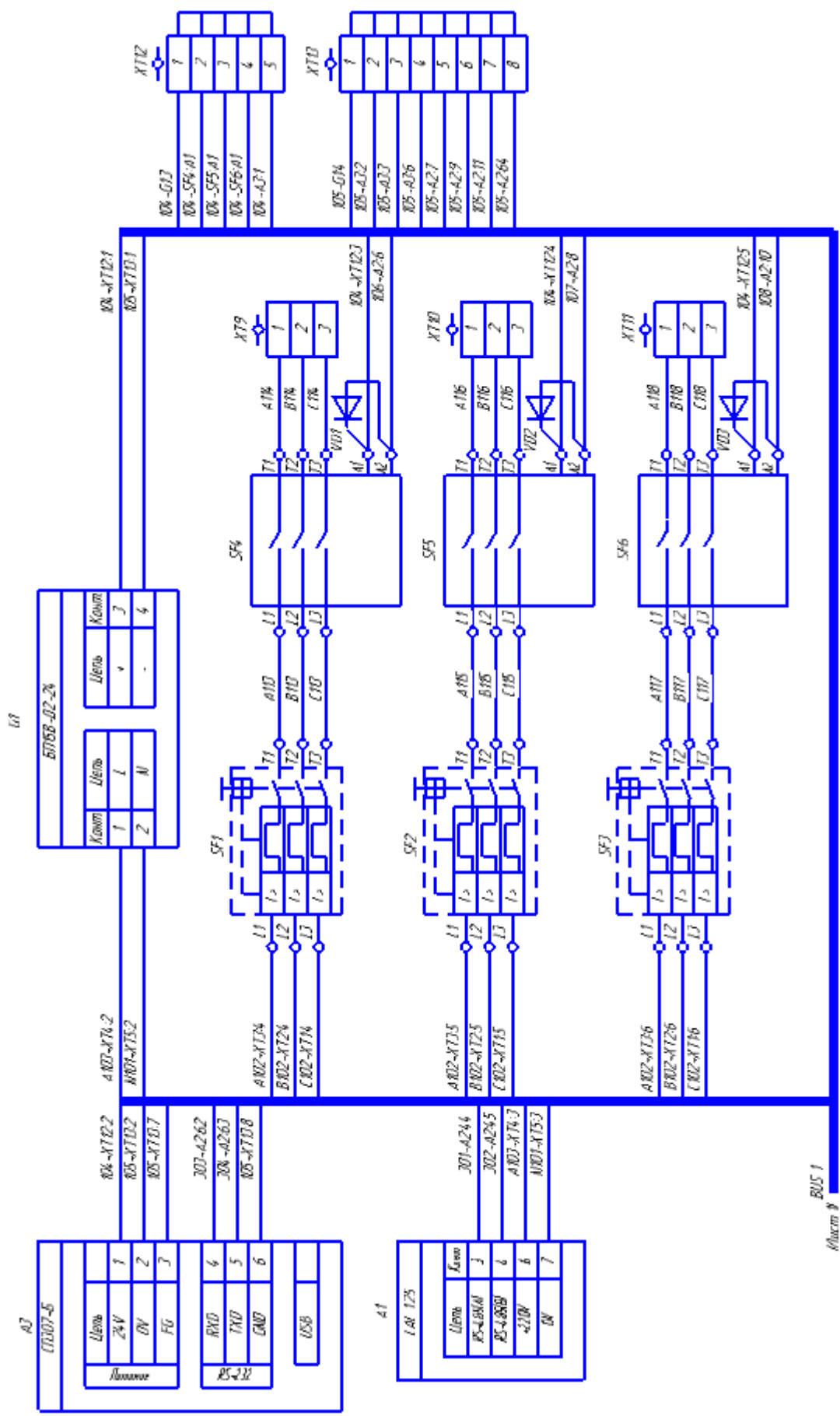


Рисунок Д.2 – Схема соединений (часть 2)

ПРИЛОЖЕНИЕ Е Перечень элементов

Таблица Е.1 – Перечень элементов

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Прим.
	<u>Исполнительные элементы</u>		
SB1	Кнопка	1	
QF1,QF3,QF4	Трехфазный автомат	1	
QF2	Однофазный автомат	1	
M1	Асинхронный 3-фазный двигатель 90L-4	1	
M2	Асинхронный 3-фазный двигатель OLI MVE 300/3	1	
M3	Асинхронный 3-фазный двигатель ABLE MS100L3-4	1	
M4	Асинхронный 3-фазный двигатель 80B-2	1	
M5	Асинхронный 3-фазный двигатель 5AMX132M2Y3	1	
	<u>Функциональные блоки</u>		
A1	Блок управления горелкой SIEMENS LAL1.25	1	
A2	ОВЕН ПЛК63	1	
A3	Сенсорная панель оператора СП307-Б	1	
A4	Частотный преобразователь ATV310HD11N4E	1	
A5	Частотный преобразователь ATV310HU40N4E	1	
G1	Блок питания БП15Б-Д2-24	1	
SF1,SF2,SF3	Устройства защиты двигателя	3	
SF4,SF6	Устройства плавного пуска ATSU01N209LT	2	
SF5	Устройства плавного пуска ATS01N103FT	1	
	<u>Лампы</u>		
HL1	Лампа	1	
	<u>Диоды</u>		
VD1-VD3	2ДШ2123А95 АЕЯР.432120.567ТУ	3	

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж Алгоритм работы автоматизированной системы

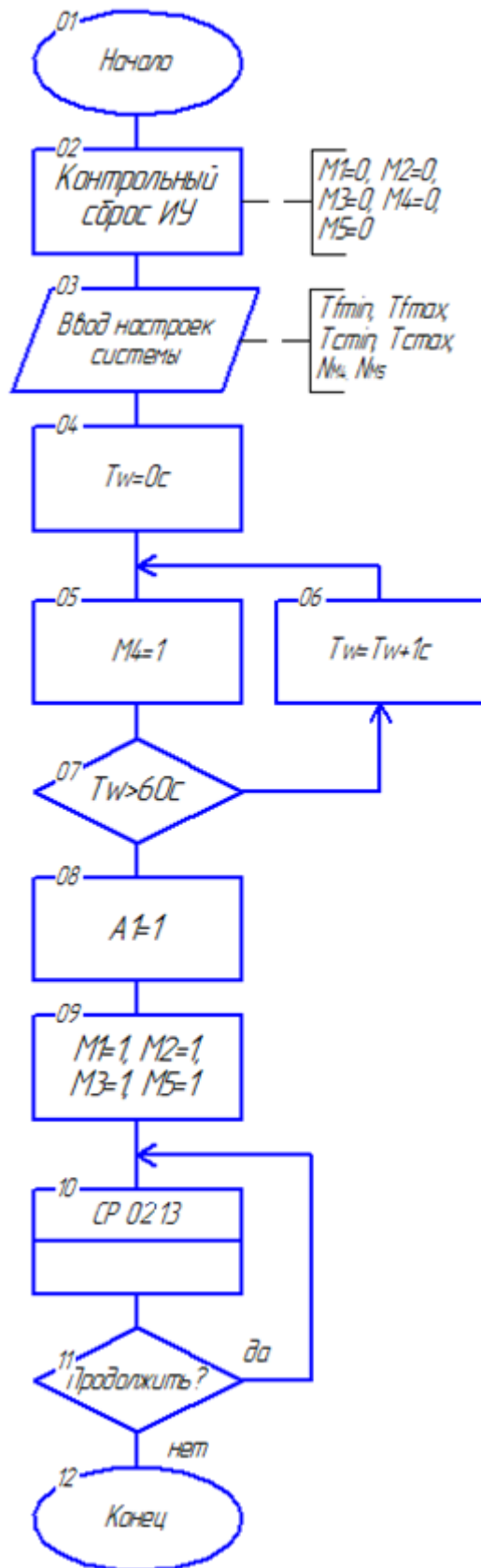


Рисунок Ж.1 – Алгоритм работы автоматизированной системы (лист 1)

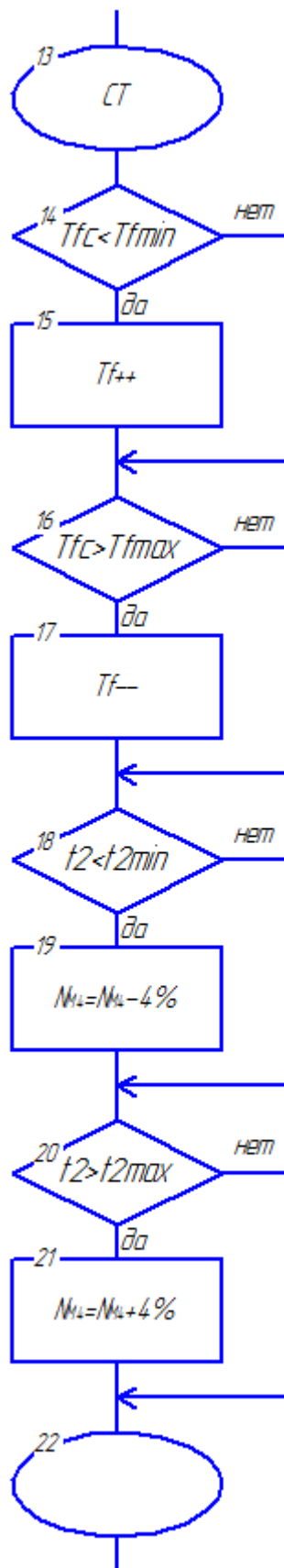


Рисунок Ж.2 – Алгоритм работы автоматизированной системы (лист 2)

ПРИЛОЖЕНИЕ К Руководство пользователя по управлению



Рисунок К.1 – Панель ввода стартовых параметров

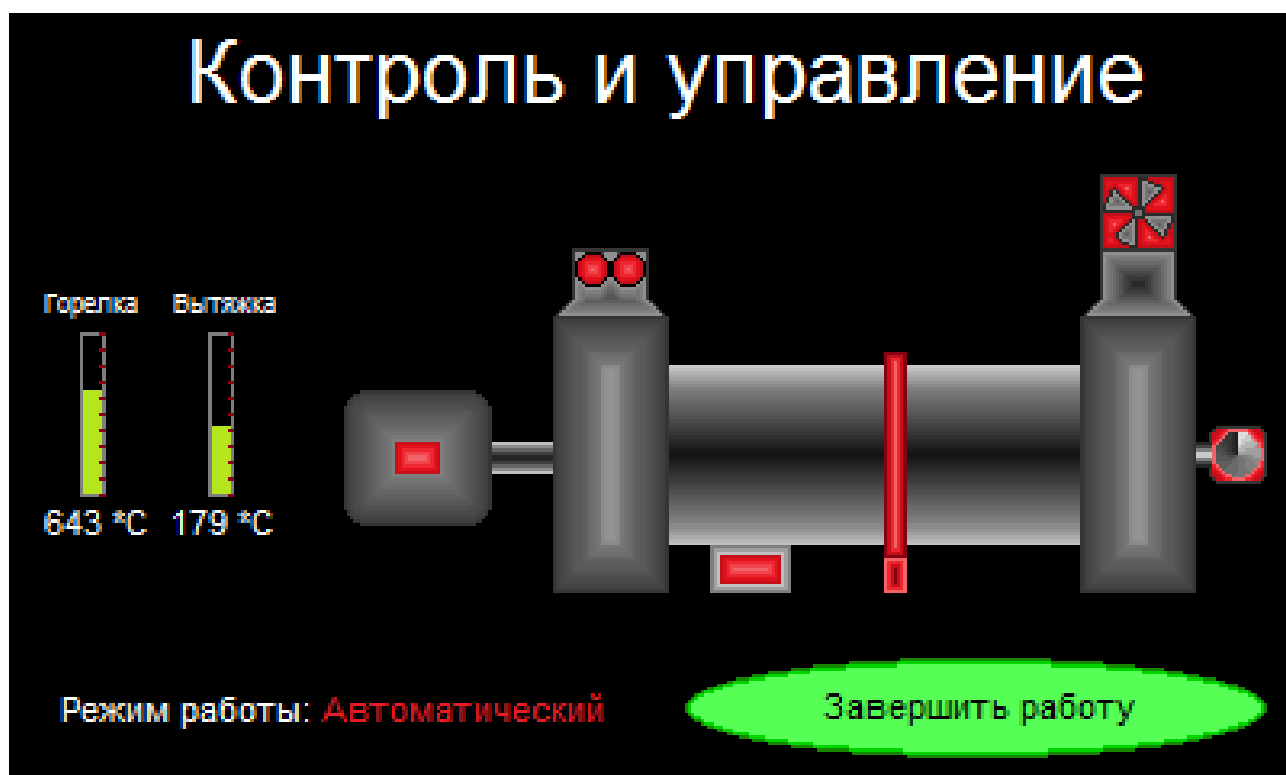


Рисунок К.2 – Панель контроля и управления барабанной печью в автоматическом режиме

Контроль и управление

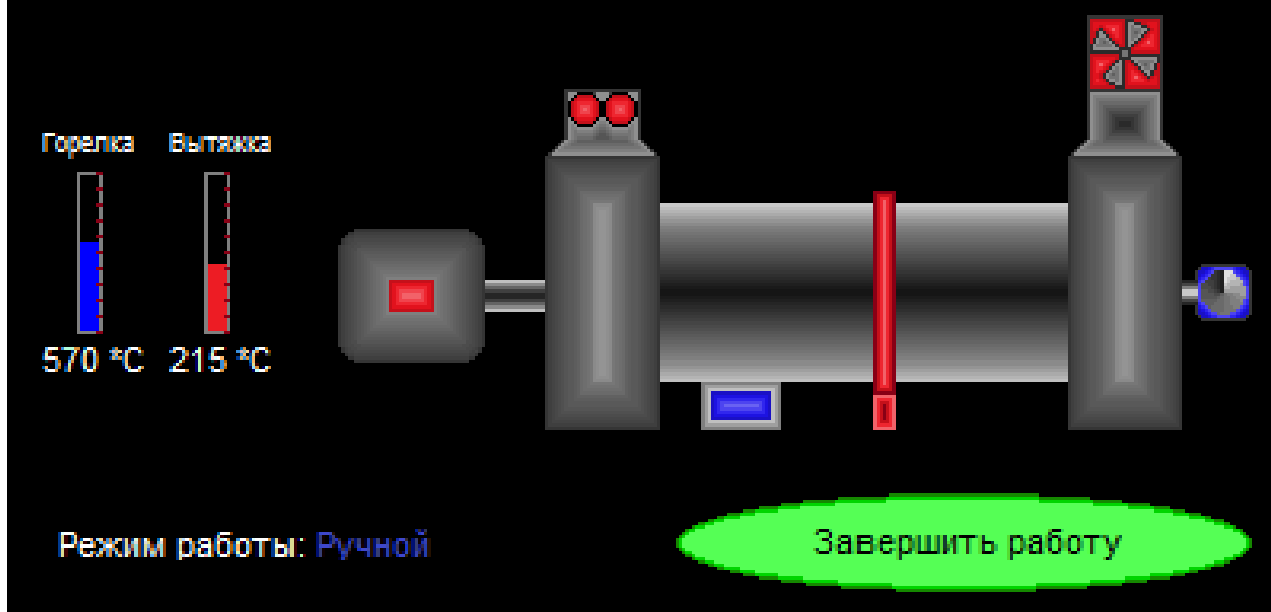


Рисунок К.3 – Панель контроля и управления барабанной печью в ручном режиме