

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Отделение (НОЦ) НОЦ И.Н. Бутакова

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Автоматическая система управления процессом сушки компонентов брикетированного топлива

УДК 662.819-52

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б6В	Дымбрылова Эржена Баировна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШФВП	Вершинина Ксения Юрьевна	к.ф.-м.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Татьяна Григорьевна	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Немцова Ольга Александровна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент НОЦ И.Н.Бутакова	Антонова Александра Михайловна	к.т.н., доцент		

Томск – 2020 г.

**Запланированные результаты обучения выпускника образовательной программы
бакалавриата по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»**

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные</i>	
P1	Применять математические, естественнонаучные, инженерные, гуманитарные, социально-экономические знания, компьютерные технологии для решения задач расчета и анализа <i>теплоэнергетических и теплотехнических установок, автоматизированных систем управления, средств автоматизации и контроля.</i>
P2	Формулировать задачи в области <i>теплоэнергетики и теплотехники, автоматизированных систем управления, анализировать и решать их с использованием всех требуемых и доступных ресурсов.</i>
P3	Проектировать <i>теплоэнергетические и теплотехнические системы, автоматизированных систем управления и их компоненты.</i>
P4	Планировать и проводить испытания и экспериментальные исследования, связанные с определением параметров, характеристик и состояния <i>систем теплоэнергетики и теплотехники, автоматизированных систем управления, их оборудования, интерпретировать данные и делать выводы.</i>
P5	Применять современные методы и инструменты практической инженерной деятельности при решении задач в области <i>теплоэнергетики и теплотехники, автоматизированных систем управления</i>
P6	Применять практические знания принципов и технологий <i>теплоэнергетической и теплотехнической</i> отраслей, связанных с особенностью проблем, объектов и видов профессиональной деятельности профиля подготовки на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях.
<i>Универсальные</i>	
P7	Использовать знания в области менеджмента для управления комплексной инженерной деятельностью в области <i>теплоэнергетики и теплотехники.</i>
P8	Использовать навыки устной, письменной речи, в том числе на иностранном языке, компьютерные технологии для коммуникации, презентации, составления отчетов и обмена технической информацией в областях <i>теплоэнергетики и теплотехники.</i>
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена или лидера команды, в том числе междисциплинарной, в области <i>теплоэнергетики и теплотехники.</i>
P10	Проявлять личную ответственность и приверженность нормам профессиональной этики и нормам ведения комплексной инженерной деятельности.
P11	Учитывать социальные, правовые и культурные аспекты, вопросы охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности при осуществлении комплексной инженерной деятельности в области <i>теплоэнергетики и теплотехники</i>
P12	Непрерывно самообучаться и совершенствовать свои компетенции в области <i>теплоэнергетики и теплотехники.</i>

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа энергетики

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Отделение (НОЦ) НОЦ И.Н. Бутакова

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель профиля
Озерова И.П.

(Подпись)

(Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
5Б6В	Дымбрыловой Эржене Баировне

Тема работы:

Автоматическая система управления процессом сушки компонентов брикетированного топлива	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№135-41/с от 14.05.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2020
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объектом проектирования является автоматическая система управления процессом сушки компонентов брикетированного топлива в сушильной камере кипящего слоя. При разработке АСУ ТП предусмотреть использование современных микропроцессорных технических средств автоматизации для реализации функций автоматического контроля параметров и управления системой.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Исследовательские изыскания. 2. Проектирование системы управления процессом сушки компонентов брикетированного топлива. 3. Разработка щита управления системы управления процессом сушки компонентов брикетированного топлива. 4. Оценка расхода тепловой энергии и расхода сушильного агента в сушильной камере кипящего слоя. 5. Мнемосхема проекта.

	6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 7. Социальная ответственность.
Перечень графического материала	Схема структурная. Схема функциональная. Схема электрическая соединений. Схема монтажная. Общий вид щита управления.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Трубченко Татьяна Григорьевна
Социальная ответственность	Немцова Ольга Александровна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	06.02.2020
--	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИШФВП	Вершинина Ксения Юрьевна	к.ф.-м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б6В	Дымбрылова Эржена Баировна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 96 с., 13 рис., 34 табл., 43 источника.

Ключевые слова: брикетированное топливо, сушильный агент, сушильная камера, сушка, низкосортные компоненты, автоматическая система управления, микропроцессорные технические средства автоматизации.

Цель работы – разработка автоматической системы управления процессом сушки компонентов брикетированного топлива на основе микропроцессорного оборудования. В ходе выполнения работы проводились экспериментальные исследования, анализ объекта автоматизации, разработка функциональной, монтажной, электрической схем и общего вида щита управления, выбор технических средств автоматизации с последующим составлением заказной спецификации.

В результате исследования разработана АСУ процессом сушки компонентов брикетированного топлива. Основным преимуществом разработанной АСУ ТП является наличие программно-оперативного комплекса на базе SCADA-системы, который осуществляет разделение функций между автоматической системой и оперативным персоналом для повышения качества регулирования и быстродействия системы, а также позволяет вовремя отреагировать на любую сложную ситуацию в процессе эксплуатации системы.

Оглавление

Введение	8
1 Исследовательские изыскания	10
2 Анализ объекта автоматизации	18
3 Выбор структуры АСУ процессом сушки компонентов брикетированного топлива	23
4 Разработка функциональной схемы АСУ	25
5 Выбор технических средств и составление спецификации	27
5.1 Выбор датчика температуры	27
5.2 Выбор датчика расхода горячего воздуха	27
5.3 Выбор датчиков уровня в сушильной камере	28
5.4 Выбор датчиков начальной и конечной влажности топлива	30
5.5 Выбор исполнительного механизма	31
5.6 Выбор блока управления исполнительного механизма	32
5.7 Выбор частотного преобразователя	33
5.8 Выбор регулирующего устройства	33
6 Разработка монтажной схемы	36
7 Разработка электрической схемы	38
8 Разработка общего вида щита управления	40
9 Оценка расхода тепловой энергии и сушильного агента в сушильной камере кипящего слоя	41
10 Мнемосхема проекта	50
11 Финансовый менеджмент, ресурсосбережения и ресурсоэффективность	55
Введение	55
11.1 Анализ конкурентных технических решений	55
11.2 SWOT-анализ	57
11.3 Планирование научно-технического исследования	59
11.3.1 Структура научно-технического исследования	59
11.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ	60
11.3.3 Разработка графика проведения научно-технического исследования	61
11.4 Бюджет научно-технического исследования	66
11.4.1 Материальные затраты	66
11.4.2 Смета затрат на оборудование	66

11.4.3 Расчет амортизационных отчислений.....	67
11.4.4 Заработная плата исполнителей	67
11.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды	69
11.4.6 Накладные расходы.....	69
11.4.7 Формирование бюджета затрат	70
11.4.3 Смета затрат на оборудование.....	70
11.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	71
Выводы по разделу.....	74
12 Социальная ответственность	78
Введение.....	78
12.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	78
12.2 Производственная безопасность.....	80
12.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	80
12.3.1 Отклонение параметров микроклимата.....	80
12.3.2 Повышенный уровень шума	82
12.3.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны	82
12.3.4 Повышенный уровень электромагнитных излучений	84
12.3.5 Электробезопасность	85
12.3.6 Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов ..	85
12.4 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя	85
12.5 Экологическая безопасность.....	86
12.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	87
Выводы по разделу.....	89
Заключение	90
Список использованных источников	91

Графический материал:	на отдельных листах
ФЮРА.421000.006 С1	Схема структурная
ФЮРА.421000.006 С2	Схема функциональная
ФЮРА.421000.006 Э3	Схема электрическая
ФЮРА.421000.006 С4	Схема монтажная
ФЮРА.421000.006 ВО	Общий вид щита автоматизации

Введение

Автоматизация технологических процессов на сегодняшний день является важнейшим аспектом при производстве продукции. Автоматизация способствует повышению производительности процесса и качества продукции, позволяет снизить риск влияния «человеческого фактора», совершенствовать условия труда. За счет автоматизации технологический процесс становится более устойчивым, предсказуемым и безопасным.

В выпускной квалификационной работе разрабатывается автоматическая система управления процессом сушки компонентов брикетированного топлива. Данный вид топлива представляет собой спрессованную массу органических компонентов (одного или нескольких), пригодную для сжигания с целью получения тепловой энергии. Топливные брикеты (пеллеты) являются одним из перспективных направлений развития современной энергетики, поскольку позволяют вовлекать в топливный цикл низкосортные компоненты, отходы, биомассу разного происхождения. Брикетирование такого сырья способствует унификации производственного процесса, улучшению сохранности топлива, упрощению транспортировки, хранения и подачи топлива в камеру сгорания [1,2]. Брикетированное топливо может иметь разную форму (прямоугольную, цилиндрическую, шестигранную и др.). В состав могут входить остатки древесины, отчищенные отходы от химических производств, переработки сельскохозяйственной продукции, торфоразработок, пищевой промышленности, производств угля [3].

Наиболее крупными странами-производителями и потребителями брикетов являются: США – около 2,0 млн. тонн в год, Европа – 3,0 млн. тонн в год, Германия – около 100 тыс. тонн в год, Австрия – около 110 тыс. тонн в год, Швеция – около 650 тыс. тонн в год, Канада – около 110 тыс. тонн в год, Финляндия – около 100 тыс. тонн в год, Дания – около 500 тыс. тонн в год, Англия – около 10 тыс. тонн в год, Япония – около 3 тыс. тонн в год [3].

Следует отметить, что отходы, биомасса, низкосортные топлива зачастую характеризуется низкой плотностью, высокой влажностью, непостоянностью характеристик [4] и их использование в исходном виде может быть связано с рядом эксплуатационных трудностей. Влажность компонентов является одним из ключевых параметров при изготовлении и использовании брикетированного топлива. В частности, влажность исходного сырья напрямую связана с удельной теплотой сгорания топлива, процессами воспламенения, выгорания в котле, а также влияет на процессы изготовления, хранения и транспортировки брикетов. Согласно результатам исследований [5,6], влажность компонентов целесообразно поддерживать в диапазоне от 5 до 15 % для улучшения комплекса энергетических и эксплуатационных характеристик технологического процесса. Поэтому в перспективных производственных циклах, направленных на использование отходов, биомассы и других низкосортных топлив, одним из важнейших этапов является сушка исходных компонентов топлива.

Целью работы является разработка системы, предназначенной для автоматического управления процессом сушки компонентов брикетированного многокомпонентного топлива в сушильной камере, а также экспериментальная оценка эксплуатационных характеристик топливных брикетов, изготовленных на основе отходов углеобогащения, биомассы и отработанного технического масла.

Задачи работы:

- разработка схем (структурной, функциональной, принципиальной электрической, монтажной), разработка чертежа общего вида щитовой конструкции АСУ (автоматическая система управления);
- выбор технических средств АСУ;
- создание мнемосхемы системы управления;
- расчетная оценка параметров сушки топливного сырья;

– исследовательские изыскания (обработка и анализ экспериментальных данных по оценке эксплуатационных параметров брикетированных топлив).

1 Исследовательские изыскания

В рамках исследовательской части работы экспериментально изучались процессы приготовления топливных пеллет на основе отходов и низкосортных компонентов. Изготовление топливных брикетов представляет интерес с точки зрения возможности улучшения и облегчения процессов хранения, транспортировки, подачи топлива в камеру сгорания. Немаловажным является и то, что брикетирование позволяет вовлекать в энергетику компоненты, использование которых в исходном виде может быть связано с рядом эксплуатационных трудностей. В частности, брикетирование достаточно эффективно для подготовки топливных брикетов из биомассы, которая в исходном виде характеризуется низкой плотностью, высокой влажностью, неоднородностью характеристик. Брикеты из биомассы, согласно [7,8], характеризуются рядом эксплуатационных, стоимостных и экологических преимуществ в сравнении с традиционными котельными топливами – углем и мазутом.

Одной из задач в области приготовления и использования брикетированных топлив является увеличение устойчивости к деформациям, улучшение прочности, долговечности, способности сохранять свойства при хранении. Эта задача, как правило, может решаться путем термической обработки изготавливаемых брикетов [9,10] или добавления вспомогательных компонентов в исходный материал [11].

Связующие вещества играют важную роль в приготовлении и производстве брикетов. Они влияют на плотность, долговечность и характеристики сгорания топливных брикетов. Согласно исследованию [12], рассматриваемому брикетированные топлива из биомассы, связующие компоненты можно разделить на несколько категорий:

- а) органические связующие (микроводоросли, смола, кукуруза, крахмал и т.д.). Преимущества: хорошие характеристики горения; выраженная связывающая способность; низкая зольность. Недостатки: легко разлагаются и сгорают при нагревании, характеризуются невысокой прочностью и термической стабильностью при высокой температуре; высокая цена.
- б) неорганические связующие (зола, известь и др.). Преимущества: выраженная адгезия; низкая стоимость; большие ресурсы; высокая термостойкость; гидрофильность. Недостатки: высокая зольность; плохая водоотталкивающая способность.
- в) композитные связующие (состоят как минимум из двух связующих). Преимущества: снижают стоимость органического связующего; уменьшают количество используемого неорганического связующего; улучшают качество брикетов. Недостатки: плохая водоотталкивающая способность.

Одними из наиболее часто изучаемых и применяемых связующих являются растительный жмых; масла; крахмал; кукуруза; твердые вещества биологического происхождения (например, осадок сточных вод); желатин; микроводоросли; пек и смолы; лигнин.

Несмотря на преимущества добавления некоторых связующих также возможно возникновение некоторых негативных эффектов, таких как снижение плотности брикетов, увеличение выбросов при горении и др. Кроме того, связующие вещества с более высоким содержанием целлюлозы, такие как биосолиды и микроводоросли, проявляют меньший эффект уплотнения на брикетах, пониженную долговечность и меньшую теплоту сгорания [13]. Из этого следует, что выбор связующих при производстве брикетов должен быть тщательно продуман. Согласно анализу исследований [9,11–14], можно сделать вывод, что диапазон массовой доли связующего компонента в топливной смеси варьируется, в среднем, от 3 до 20 %.

Характеристики связующих веществ также могут оказывать влияние на выброс загрязняющих веществ [12]. Так, например, в работе [14] установлено, что снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу стало возможным благодаря присутствию лигнина в брикетированной антрацитовой мелочи, который способствует химическому связыванию соединений серы, окисляющихся в процессе горения. Несмотря на это, некоторые связующие вещества могут приводить к возникновению дополнительных проблем (например, увеличению зольности, негативные эффекты при зажигании и горении, уменьшению плотности брикета и др.).

В рамках настоящего исследования рассматриваются вопросы влияния типичной связующей добавки (крахмала) на эксплуатационные свойства топливных пеллет сложного состава (компонентная база включает отход углеобогащения, растительный отход, торф, отработанное масло). Эти характеристики представляют значительный интерес для развития технологий энергетической утилизации отходов и низкосортных топлив.

В рамках данной работы были подготовлены следующие топливные пеллеты (нумерация составов применима ко всем результатам, представленным ниже):

- 1) фильтр-кек Д 90 %, компрессорное масло 10 %;
- 2) фильтр-кек Д 90 %, торф 10 %;
- 3) фильтр-кек Д 90 %, солома 10 %;
- 4) фильтр-кек Д 85 %, компрессорное масло 10 %, крахмал 5 %;
- 5) фильтр-кек Д 85 %, торф 10%, крахмал 5 %;
- 6) фильтр-кек Д 85 %, солома 10%, крахмал 5 %.

Выбор компонентов для топливных смесей обусловлен их большими доступными объемами и выраженным энергетическим потенциалом. Фильтр-кек (отход обогащения каменного угля) является типичным отходом флотации угля с большими объемами производства и высокой доступностью. Томская область характеризуется большими резервами торфа. Солома также

распространена в Томской области и многих других регионах как типичный продукт сельскохозяйственной деятельности.

Схема подготовки компонентов и последующего изготовления пеллета показана на рисунке 1. Однородная смесь измельченных компонентов (масса от 0,02 до 0,025 г) засыпалась в специальную форму, которая затем помещалась под гидравлический пресс. Форма выдерживалась под давлением (около 5 МПа) в течение 20 с, после чего из нее извлекался готовый цилиндрический образец (пеллет) с диаметром около 12,3 мм и высотой от 2 до 3 мм.

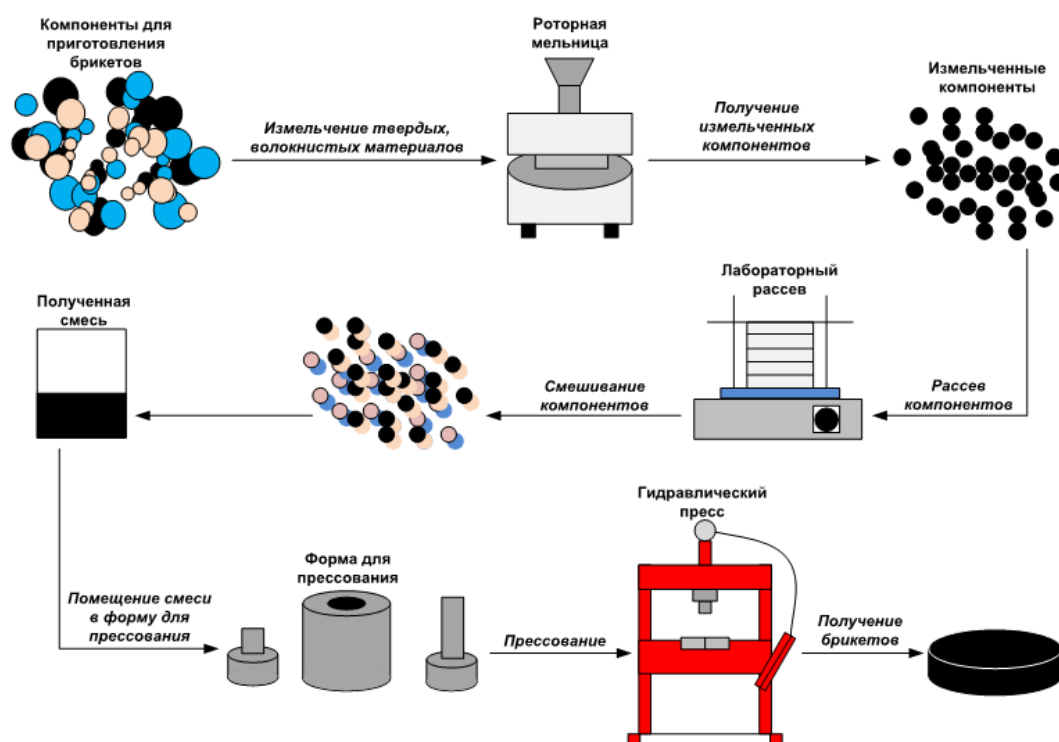


Рисунок 1 – Схема приготовления топливных пеллет

Эксплуатационные характеристики спрессованных топлив включают прочностные свойства, которые определяют устойчивость пеллет (брикетов) к механическим воздействиям при изготовлении, транспортировке, хранении, погрузочных работах. В основе экспериментальной методики оценки прочностных характеристик лежал распространенный подход, предполагающий сбрасывание образцов на твердую поверхность [15,16]. По

результатам экспериментов определялись среднее число бросков, необходимых для разрушения пеллета, а также коэффициент потери массы при ударном воздействии.

На рисунке 2 представлено среднее число сбросов до разрушения пеллет разных составов. Использование крахмала в составе топливной композиции оказывала положительное влияние на прочностные характеристики пеллет с добавками компрессорного масла и торфа. Из всех исследованных составов без добавок наиболее устойчивыми к ударному воздействию были пеллеты с добавлением соломы. Вероятно, это обусловлено высоким содержанием лигнина в соломе злаковых растений (до 20 %), который характеризуется выраженными армирующими свойствами. Однако прочность пеллет на основе отхода углеобогащения и соломы ухудшилась при добавлении в состав крахмала. Вероятно, что применение дополнительных скрепляющих добавок к топливу, содержащего растительную массу нецелесообразно, поскольку это может вызывать обратный эффект (хрупкость образца) при превышении определенных концентраций вспомогательной добавки.



Рисунок 2 – Среднее число сбросов пеллет до разрушения

На рисунке 3 представлен коэффициент потери массы (отношение массы пеллета после его разрушения к исходной массе, %) для топлив разных

компонентных составов. Из рисунка видно, что наименьшей потерей массы (около 2 %) обладает состав на основе фильтр-кека и торфа. Данная особенность говорит нам о том, что pellets этого состава при падении разламываются на крупные куски и практически не образуют мелкой крошки. Однако, pellets на основе фильтр-кека и соломы, обладающие наиболее ударопрочными характеристиками, показывают наибольшую потерю массы при разрушении (около 12 %). Образцы с компрессорным маслом показали около 8 % потери массы при проведении эксперимента. Из диаграммы также видно, что при добавлении крахмала к pellets с торфом и соломой происходит увеличение их коэффициента потери массы. Для pellets с торфом прирост составляет 6 %, а для pellets с соломой – 9 %. На практике это означает, что, при разрушении pellets дробится на достаточно крупные фрагменты. В свою очередь, на pellets с компрессорным маслом крахмал оказывает отрицательное влияние, т.е. при их разрушении происходит дробление с образованием большого количества мелких частиц и небольших фрагментов.

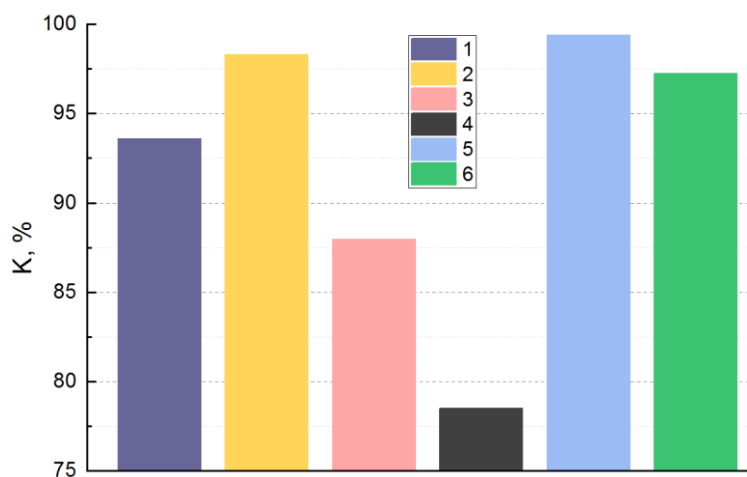


Рисунок 3 – Коэффициент потери массы pellets на основе отходов углеобогащения, растительного отхода, торфа, отработанного масла

Исследуемые топливные композиции были протестированы на влагопоглотельную способность при непосредственном контакте с водой. Для определения влагопоглотельной способности pellets погружались в

ёмкость с водой на 10 минут. Перед погружением измерялась масса образцов. В ходе эксперимента установлено, что пеллеты с добавками торфа и соломы неустойчивы к воде и полностью разрушаются в течение минуты после погружения. Пеллеты, содержащие компрессорное масло, напротив, в течение всего эксперимента оставались в первоначальном виде. По истечении 10 минут данные пеллеты были извлечены из воды и взвешены. Аналогичные эксперименты для топливных пеллет других составов проводились в работе [16]. Влагопоглощательная способность определялась по формуле 1.1:

$$\gamma = \frac{M_{\text{конеч}} - M_0}{M_0}. \quad (1.1)$$

Рисунок 4 иллюстрирует полученные результаты.

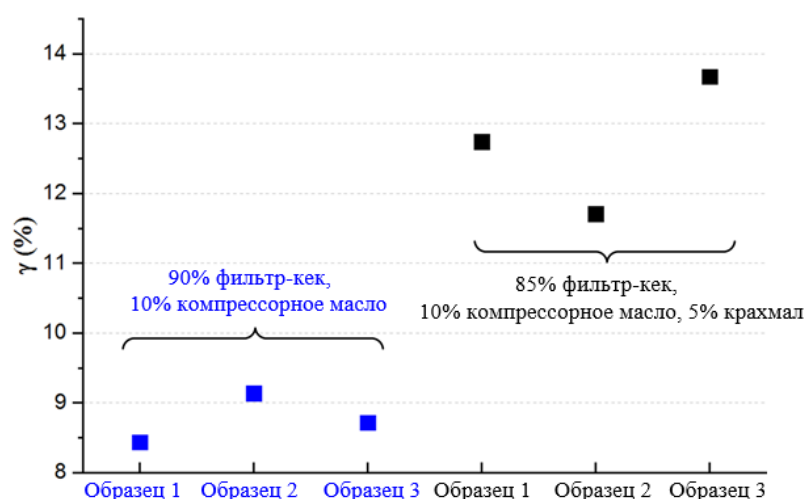


Рисунок 4 – Оценка влагопоглощательной способности пеллет на основе отхода углеобогащения и компрессорного масла

Согласно полученным данным, пеллеты с добавлением крахмала характеризуются большим приростом массы при непосредственном контакте с водой. Масса пеллет с добавкой крахмала после выдержки в воде увеличилась на 11,7...13,7 %, в то время как масса пеллет без добавки крахмала увеличилась на 8,4...9,1 %. Таким образом, добавка крахмала способна улучшить устойчивость пеллета (на основе угольного отхода и компрессорного масла) к ударным воздействиям, но в то же время вызывает

значительно большее увлажнение образца при прямом взаимодействии с водой. На практике это может приводить к необходимости длительного просушивания, а также существенного изменения характеристик воспламенения и выгорания топлива.

Отдельно изучалась способность пеллет поглощать водяные пары воздуха [17]. Перед экспериментом определялась исходная масса пеллетов. После этого пеллеты помещались в муфельную печь, разогретую до температуры 105 °С. Высушивание длилось 1 час. По истечении этого времени пеллеты вынимались из печи и повторно взвешивались. Последнее взвешивание производилось спустя сутки с момента высушивания пеллет. Пеллеты хранились в помещении с влажностью 23,5 %. Результаты оценки гигроскопичности пеллет представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Результаты оценки гигроскопичности исследуемых топливных образцов

Топливо	m ₀ , г	m ₁ , г	m ₂ , г	Относительный прирост массы образца после хранения, %
1	0,4763	0,4577	0,4680	2,25
2	0,4940	0,4837	0,4917	1,65
3	0,4983	0,4883	0,4967	1,72
4	0,4787	0,4667	0,4723	1,20
5	0,4913	0,4743	0,4863	2,53
6	0,4943	0,4817	0,4907	1,87

Наибольшей потерей массы после высушивания характеризуются пеллеты с добавлением компрессорного масла. Стоит отметить, что именно эта смесь включает в свой компонентный состав жидкую составляющую. Вероятнее всего наличие масла дает вклад в потерю массы топливной смеси при сушке. В процессе сушки, все образцы в среднем теряли около от 3 до 5 % массы. Согласно полученным данным, относительный прирост массы после суток хранения образцов для всех видов топливных смесей сопоставим (не более 2,53 %).

2 Анализ объекта автоматизации

Брикетирование топлива осуществляется в несколько этапов. На рисунке 5 представлена схема данного технологического процесса производства.

Влажное топливо проходит несколько этапов до того, как превратиться в брикет. Поэтому для начала топливо нужно измельчить, чтобы в дальнейшем сушка осуществлялась качественно. Далее раздробленная масса поступает в склад, в зависимости от целей работы топливо может остаться в нем или дальше передвигаться в сушильную камеру. В сушильной камере происходит понижение влажности за счет обдува уже сыпучего топлива горячим воздухом, поступающий от теплогенератора. После того, как масса достигнет нужной влажности, она подается на пресс, где обретает определенную форму: цилиндрического, шестигранного, прямоугольного или любого другого вида. Далее брикеты охлаждаются, сортируются, упаковываются. Конечным этапом является их отправка на склад готовой продукции.



Рисунок 5 – Схема технологического процесса производства брикетированного топлива

На процесс производства брикетированного топлива влияют многие параметры, как температура и расход сушильного агента; время сушки; влажность топливного сырья; расход компонентов топлива; характеристики мельницы; давление на прессах и др.

Одним из важнейших параметров, который определяет качество готовой продукции является влажность топливных брикетов. Влажность – это содержание воды в топливе (указывается в массовых долях). Снижение влажности топливных брикетов целесообразно для увеличения удельной теплоты сгорания, ускорения зажигания, улучшения устойчивости и сохранности брикетов, а также для предотвращения конденсации водяных паров в дымоходах.

В рамках данной работы рассматривается один из важнейших промежуточных процессов производства брикетов – стадия сушки исходного сырья. Объектом автоматизации является *сушильная камера*.

Сушка – тепловой процесс обезвоживания твердых материалов путем испарения влаги и отвода образовавшихся паров. При этом в веществе происходит перенос тепла и диффузионное перемещение влаги. Производительность процесса сушки определяется интервалом времени, необходимым для понижения влажности материала от начальной величины до конечной [18].

Для снижения доли влаги в материалах используются сушильные камеры различных конструкций. Поскольку брикетированное топливо предполагает использование мелкодисперсных компонентов, то перед поступлением топлива в сушильную камеру они подвергаются дроблению (рисунок 1). Для мелкодисперсных материалов одним из перспективных разновидностей сушильных камер являются *сушильные камеры с кипящим (псевдооживленным) слоем*.

Сушилки с кипящим (псевдооживленным) слоем являются одним из прогрессивных типов аппаратов для обезвоживания мелкодисперсных и сыпучих материалов [19]. Для подобного типа камер нет значительных ограничений по виду сырья, что является предпосылкой для использования в технологическом цикле производства брикетов из биомассы, отходов, угля и других компонентов. Благодаря сушке сырья во взвешенном слое увеличивается площадь контакта между высушиваемыми частицами сырья и

горячим воздухом, т.е. сушильным агентом, что усиливает испарение влаги из материала и понижает продолжительность самого процесса сушки.

Наиболее распространены однокамерные сушилки непрерывного действия (рисунок 6).

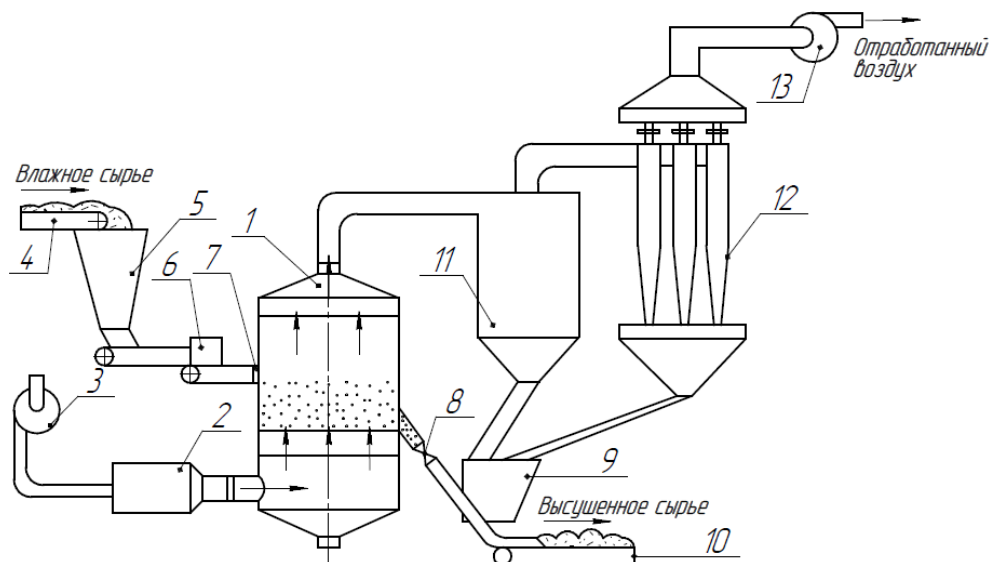


Рисунок 6 – Однокамерная сушильная установка со взвешенным слоем:

- 1 – камера сушки; 2 – теплогенератор; 3 – вентилятор подачи воздуха; 4 – транспортер влажного материала; 5 – бункер; 6 – питатель; 7 – газораспределительная решетка; 8 – клапан выгрузки высушенного сырья; 9 – бункер; 10 – транспортер; 11 – циклон; 12 – батарейный пылеуловитель; 13 – вентилятор

Сушильный агент (горячий воздух или топочные газы, разбавленные воздухом в теплогенераторе 2) подается вентилятором 3. Горячий воздух проходит с определенной скоростью в сушильную камеру через отверстия решетки и затем удаляется через верхний патрубок сушилки. Далее отработанные газы (воздух) очищаются от унесенной пыли в циклоне 11 и батарейном пылеуловителе 12, после чего выбрасываются в атмосферу [19].

При увеличении скорости движения сушильного агента динамическое давление потока газа возрастает, приближаясь по значению к давлению слоя сырь. Частицы сырь при этом начинают передвигаться в пределах слоя.

Объем, занимаемый сырьем, увеличивается, а слой становится взвешенным (псевдооживленным) [19].

Увеличивая скорость сушильного агента, сначала отдельные, наиболее легкие, частицы сырья начинают подниматься над поверхностью всего слоя, и со временем наступает «кипение». Частицы сырья начинают терять связь друг с другом, после чего уже свободно перемещаются под давлением потока горячего воздуха в пределах слоя [19].

С прибавлением скорости горячего воздуха, достигают критическую (скорости витания), при которой весь материал находится в псевдооживленном состоянии, удерживаясь в объеме сушильной камеры силами динамического давления потока газа. Потерявшие влагу частицы становятся легче и уносятся потоком горячего воздуха, отчего удаляются. При этом расстояние уноса зависит от размеров частицы [19].

В рамках разработки АСУ процессом сушки выбрана сушильная камера с кипящим слоем GF 200.

Характеристика выбранного объекта автоматизации

Внешний вид сушильной камеры GF 200 представлена на рисунке 7.



Рисунок 7 – Сушилка GF 200

Принцип работы. Входящий горячий воздух, пройдя очистку и нагрев, подается при помощи дутьевого вентилятора в сушильную колонну. Воздух

выходит из основания колонны, проходит через сетчатое дно загрузочной емкости с сырьем [20].

При наличии в комплектации мешалки осуществляется ворошение сырья, сырье взлетает под воздействием воздушного потока и образуется взвешенный (псевдооживленный) слой. В псевдооживленном слое площадь контакта твердых частиц с горячим воздухом увеличивается, тем самым ускоряется отвод влаги из сырья. Испарившаяся влага удаляется из колонны через трубу в верхней части установки. Прижим загрузочной емкости к корпусу для герметизации происходит при помощи гидроцилиндров. Округлая форма основания колонны обеспечивает отсутствие в ней застойных «мертвых» зон.

- Загрузочная емкость оснащена мешалкой для ворошения. Это облегчает проходимость воздуха сквозь сырье, обеспечивая равномерность и короткое время сушки.
- В верхней части колонны установлены тканевые рукавные фильтры из антистатической ткани.
- Высокая скорость сушки, время сушки одной партии около 30...45 минут.

Сушильная камера GF 200 удовлетворяет критериям:

- поступающей температуры горячего воздуха (около 120 °С);
- расходу горячего воздуха (примерно, 85 м³/мин);
- начальной влажности топлива (15...40 %);
- конечной влажности в высушенном топливе (10...15 %).

В России поставкой сушилок кипящего слоя материала серии GF занимаются компании ООО "ТехСнаб ДВ" (г. Хабаровск) и «СБН-Импэкс» (г. Москва).

В таблице 2.1 представлены характеристические данные сушильной камеры кипящего слоя GF 200.

Таблица 2.1 – Характеристика сушильной камеры GF 200

Модель		GF 200
Емкость для сырья	Диаметр, мм	1400
	Объем, л	670
Производительность	Минимальная, кг	100
	Максимальная, кг	240
Вентилятор	Расход воздуха, м ³ /ч	6000
	Давление воздуха, ММН ₂ O	950
	Мощность двигателя, кВт	22
Расход пара, кг/ч		282
Расход сжатого воздуха, м ³ /мин		0,9
Давление пара, МПа		0,1–0,4
Температура сушки, °C		Регулируется от комнатной температуры до 120 °
Длительность рабочего цикла, мин		В зависимости от сырья и технологий 45–90 мин
Коэффициент получаемого продукта, %		≥99
Влажность готового продукта, %		≈0,2
Уровень шума, DB		Вентиляционная установка монтируется за перегородкой, уровень шума ≤75 ДБ
Габариты основного агрегата, м		1,2x0,7x3,8

3 Выбор структуры АСУ процессом сушки компонентов брикетированного топлива

Технологический объект управления позволяет регулировать конечную влажность топлива двумя способами – (а) путем изменения времени пребывания топлива в камере (длительность сушки); (б) путем изменения расхода сушильного агента. Также в зависимости от алгоритмов работы ПЛК (программируемый логический контроллер) возможна реализация двух методов. Поэтому при разработке структурной схемы АСУ целесообразно предусмотреть необходимые для этих подходов элементы.

Структурная схема автоматизированной системы управления процессом сушки сырья представлена отдельном листе с шифром ФЮРА.421000.006 С1.

Структура АСУ включает три уровня – нижний (уровень технологического процесса); средний (уровень управления ПЛК); верхний (уровень управления оператором).

На нижнем уровне находятся:

- датчики измерения температуры горячего воздуха, расходомер, сигнализаторы уровня заполнения сырьем в сушильной камере, датчик начальной и датчик конечной влажности топлива;
- исполнительные устройства и регулирующие органы;
- частотный преобразователь;
- пускатели.

ПЛК будет выполнять следующие функции:

- сбор и обработка измерительных и других сигналов от оборудования нижнего уровня;
- формирование управляющих воздействий на исполнительные механизмы нижнего уровня системы (в том числе управление открытием/закрытием клапанов загрузки/выгрузки сырья; изменение частоты работы электродвигателя вентилятора);
- передача информации о текущем состоянии технологического процесса на верхний уровень системы.

Верхний уровень системы предназначен для выполнения следующих задач:

- сбор, обработка, отображение и архивирование информации о состоянии технологического процесса (в том числе в формате человеко-машинного интерфейса);
- обеспечение возможностей взаимодействия оператора с нижними уровнями системы управления.

Влажное сырье в сыпучем виде поступает в дозирующий бункер, в котором измеряется его начальная влажность. Далее топливо через клапан загрузки поступает в сушильную камеру, датчики уровня сигнализируют уровень заполнения в ней. Процесс сушки осуществляется путем подачи горячего воздуха вентилятором (который регулируется частотным преобразователем) от теплогенератора. Здесь измеряется температура поступающего сушильного агента и его расход. В сушильной камере при

помощи специализированных датчиков реализуется измерение текущей влажности топлива. После достижения требуемого значения влагосодержания сырье удаляется через клапан выгрузки.

Таким образом, оснащение системы позволяет увеличивать или уменьшать длительность пребывания топлива в сушильной камере до достижения целевой влажности сырья путем открытия/закрытия клапана выгрузки сырья. Этот подход может применяться при условии постоянного расхода и температуры сушильного агента. Также система позволяет в качестве регулирующего воздействия изменять расход сушильного агента путем изменения производительности дутьевого вентилятора.

4 Разработка функциональной схемы АСУ

Функциональная схема представляет собой технический документ, который определяет структуру узлов автоматического управления, контроля и регулирования технологического процесса и оснащение объекта управления приборами и средствами автоматизации [20].

На функциональной схеме условными обозначениями изображены: технологическое оборудование, органы управления и технические средства автоматизации с указанием связей между оборудованием и ПЛК. Вспомогательные устройства не показывают.

Условные графические обозначения на схемах выполнены сплошной толстой основной линией, а линии связи – сплошной тонкой. ТСА (технические средства автоматизации) изображены в виде окружностей.

В рамках ВКР была разработана функциональная схема АСУ процессом сушки компонентов брикетированного топлива. Схема представлена на листе с шифром ФЮРА.421000.006 С2.

Регулируемые (контролируемые) переменные – это наблюдаемые переменные, которые в процессе реализации технологического процесса должны принимать значение внутри заданных границ. В данной работе этой переменной является конечная влажность твердого топлива, %.

Вспомогательной контролируемой величиной в системе является уровень заполнения камеры. Контроль этого параметра обеспечивает нормативное функционирование технологического объекта.

Управляющие переменные – это переменные, которыми манипулируют, чтобы сохранить контролируемые переменные внутри допустимой области при изменении условий технологического процесса:

- расход горячего воздуха, м³/час;
- положение клапанов загрузки и выгрузки сырья.

Температура сушильного агента определяется при помощи измерительного преобразователя с унифицированным выходным сигналом (канал 1), который затем передается на ПЛК. Канал 2 отвечает за получение и передачу измерительной информации о расходе воздуха в трубопроводе на линии подачи сушильного агента. Преобразованные сигналы о температуре и текущем расходе сушильного агента передаются на АРМ (автоматизированное рабочее место) оператора. Сигналы о достижении нижнего и верхнего уровней заполнения камеры формируются сигнализаторами уровня (каналы 3 и 4), которые также передаются на ПЛК и АРМ оператора. Начальная и конечная влажность твердого сырья измеряется датчиками влажности (каналы 5 и 6) с последующей передачей сигнала в реальном времени на ПЛК и АРМ оператора. ПЛК управляет клапанами загрузки и выгрузки сырья через каналы 7 и 10, которые включают в себя пускатели и исполнительные механизмы. Положение валов исполнительных механизмов осуществляется через каналы 8 и 11. Регулирование расходом воздуха осуществляется через канал 9 посредством формирования ПЛК сигнала, поступающего на частотный преобразователь, подключенный к электродвигателю дутьевого вентилятора.

5 Выбор технических средств и составление спецификации

5.1 Выбор датчика температуры

Для измерения температуры горячего воздуха, используются как термопреобразователи сопротивления, так и термоэлектрические преобразователи. Датчик температуры выбираем по каталогу завода-изготовителя «EMERSON».

По подходящим конфигурациям (температура горячего воздуха около 120 °С, с унифицированием выходного сигнала) выбираем «Метран 2700». Метран 2700 датчик температуры с УВС на базе микропроцессорной электроники, который состоит из первичного преобразователя и измерительного преобразователя, встроенного в головку датчика. Диапазон температур составляет от -50 до 180 °С, пределы допускаемой основной приведенной погрешности – $\pm 0,15$ %, длина монтажной части 200 мм, класс допуска В, защитная арматура – жаростойкая и коррозионностойкая, степень пылевлагозащиты – IP65. Данный прибор преобразует измеряемую температуру в унифицированный выходной сигнал постоянного тока 4...20 мА и 20...4мА, НСХ 100М [21].

Альтернативным вариантом может быть Метран-286, который также обладает выходным унифицированным сигналом 4...20 мА и степенью защиты от влаги и пыли – IP65, НСХ Pt100, диапазон измеряемых температур от -50 до 500 °С, пределы допускаемой основной приведенной погрешности $\pm 0,15$ %.

Выбираем Метран 2700, т.к. диапазон температур этого устройства достаточен для измерения и преобразования.

5.2 Выбор датчика расхода горячего воздуха

Расходомер – прибор, измеряющий объёмный расход или массовый расход вещества, так как вещество проходит через имеющееся сечение потока, например, сечение трубопровода в единицу времени. Расходомер

состоит из диафрагмы, которая устанавливается на трубу, и устройства, преобразующий разность давлений, возникающую до и после диафрагмы.

Максимальный расход воздуха вентилятора составляет $6000 \text{ м}^3/\text{ч}$, при сушке необходим расход горячего воздуха примерно $85 \text{ м}^3/\text{мин}$ ($\sim 5100 \text{ м}^3/\text{час}$). Поэтому этому критерию выбирается расходомер.

Выберем диафрагму камерную, условное обозначение 10 МПа, условный диаметр 100 мм ДКС 10-100 [22]. Цена 3000 рублей.

Рассмотрим преобразователь давления Emerson Rosemount 2051C. Диапазон измерений составляет до 137,9 бар (разность давлений), радиус действия беспроводного сигнала – 225 м, протокол передачи данных – WirelessHART. Материалами, контактирующей с рабочей средой, могут являться нержавеющая сталь 316L, сплав С-276, тантал. Выходные значения – 4...20 мА [23]. Цена от 27000 рублей.

Альтернативным вариантом может преобразователь давления Элемер 100, выходной сигнал у которого 4...20 мА, диапазон измерений 16 МПа (перепад). Материалом, контактирующей с рабочей средой является нержавеющая сталь 316L. Цена от 35000 рублей.

Выберем Emerson Rosemount 2051C, так как данное устройство дешевле.

5.3 Выбор датчиков уровня в сушильной камере

Для того, чтобы уровень в сыпучего твердого топлива не превышал определенной отметки в сушильной камере используется сигнализатор уровня, который будет передавать дискретный сигнал на ПЛК.

Рассмотрим три таких сигнализатора для сыпучих материалов:

1) микроволновый сигнализатор предельного уровня MWS-ST/SR-2, который состоит из передатчика MWS-ST-2 и приемника MWS-SR-2. Приемник и передатчик устанавливаются напротив друг друга и образуют микроволновый барьер с рабочим расстоянием от 0 до 80 метров. Передатчик формирует микроволны, которые принимает приемник. Когда возникает

препятствие при прохождении микроволн на приемник, то срабатывается выходное реле. MWS-ST/SR-2 питается напряжением сети переменного тока 220 V. На напряжение питания 24 V выпускается модель MWS-ST/SR-2-24V.

2) микроволновый сигнализатор INNOlevel Micropulse IL-MP-N это устройство, осуществляющий контроль уровня мелкокусковых, гранулированных и иных сыпучих материалов. Бесконтактный датчик предельного уровня INNOlevel Micropulse IL-MP-N, как и предыдущая модель, состоит из приёмника и передатчика. Они устанавливаются на противоположных стенках ёмкости на одной оси.

Когда на устройство подаётся напряжение, передатчик излучает волны, идущие в сторону приемника. Если между передатчиком и приемником размещен продукт, волны до приемника не доходят, он не получает сигнал. Отсутствие сигнала приводит к активизации релейного выхода. Диапазон измерений: 0...40 м, напряжение питания: от 30 до 250 В AC, 50-60 Гц, выходной сигнал – DPDT, макс. 250 В AC, 3 А, мощность прибора: $\leq 2,6$ Вт, температура процесса: от -40 до 150 °C, материал мембраны –тефлон, материал корпуса – алюминий, порошковое покрытие, материал резьбовой части – нержавеющая сталь SUS304, класс защиты – IP67 [24].

3) микроволновый сигнализатор уровня сыпучих материалов LevelCheck 510M обеспечивает контроль предельных значений уровня. Высокоточный бесконтактный сигнализатор уровня LC510M конструктивно состоит из передатчика LC510M-S и приемника LC510M-E. Рабочее расстояние от 15 до 25 м, материал корпуса – нержавеющая сталь, поверхностью сенсора является тефлон, рабочая температура составляет от -20 до 80 °C, электропитание – 18...30 В DC (в среднем – 24 В), степень защиты – IP65. Имеет релейный выход. Потребляемый ток прибором – 80 мА при 24 В постоянного тока.

Выберем второй сигнализатор: INNOlevel Micropulse IL-MP-N. Так как третий прибор не подходит из-за его диапазона рабочей температуры. Первый подходит, однако обладает большим рабочим расстоянием, по

сравнении со вторым прибором. INNOlevel Micropulse IL-MP-N подходит по диапазону температуры сыпучего материала (около 120 °С), а также его рабочее расстояние составляет до 40 метров, что достаточно для эксплуатации в данном проекте.

5.4 Выбор датчиков начальной и конечной влажности топлива

Для измерения начальной и конечной влажности топлива используются влагомеры для сыпучих материалов.

Рассмотрим три таких устройства:

1) анализатор влажности SONO-WZ – портативное автономное устройство на основе радарной технологии (TDR), предназначенное для определения содержания влаги.

Таблица 5.1 – Характеристика анализатора влажности SONO-WZ

Напряжение питания	7...24 В пост. тока
Исполнение корпуса	Нержавеющая сталь, керамика
Категория защиты	IP 68
Рабочая температура	-20... 70 °С
Диапазон измерений	0...100 % остаточной влажности

2) измеритель влажности M-Sens 2 – это датчик, специально разработанный для непрерывных или дискретных измерений влажности в технологических процессах.

Таблица 5.2 – Характеристика измерителя влажности M-Sens 2

Корпус	Нерж. сталь
Напряжение питания	110/230 VAC (50 Гц)/24 VDC
Покрывтие датчика	Керамическое
Категория защиты	IP 67 в соответствии с EN 60529
Рабочая температура	0... 80 °С
Рабочее давление	Макс. 10 бар
Вес	Около 1000 г
Диапазон измерений	0...85 % остаточной влажности

3) датчик влажности Humy 3000 может быть установлена как на ёмкость, так и в поток сыпучего вещества для измерения его влажности. Комплекс измерения влажности Humy 3000 снабжен стандартным датчиком контроля FMS. Данные получают путём вычисления диэлектрической проницаемости материала. Чувствительный элемент системы посылает в материал высокочастотные электромагнитные импульсы, которые и реагируют исключительно на влагу в сыпучей среде [25].

Таблица 5.3 – Характеристика датчика влажности Humy 3000

Диапазон измерений влажности	0,1...90 %;
Температура процесса	10...140 °C
Аналоговый выход	0/4...20 мА
Защита корпуса	IP67
Материал сенсора	РОМ; керамика; PTFE
Материал корпуса	Нержавеющая сталь
Напряжение питания	230/115 В АС или 24 В DC

Выберем третье устройство Humy 3000, поскольку первые два не соответствуют по диапазону рабочей температуры.

5.5 Выбор исполнительного механизма

Исполнительный механизм – устройство регулирования и управления, на которое приходит выходной сигнал с ПЛК, выдавая механическое перемещение регулирующего органа объекта управления.

Дано: тип запорной арматуры – клапан.

Диаметр: 300 мм.

Решение:

Рассчитываем максимальное значение крутящего момента и усилия на валу:

$$M_{max}^{кр} = 6,89 \cdot D_y - 338 = 1729 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (5.1)$$

$$F_{max} = 17 \cdot D_y - 485 = 4615 \text{ Н}, \quad (5.2)$$

где D_y – условный диаметр трубопровода, мм, $M_{max}^{кр}$ – расчетное значение на штоке максимального крутящего момента, необходимого для срабатывания соответствующей запорной арматуры, Н·мм, F_{max} – расчетное значение максимального усилия на штоке, необходимого для срабатывания соответствующей запорной арматуры, Н [26].

Учитывая $M_H > M_{max}^{кр}$, где M_H – номинальный крутящий момент на выходном валу, и используя таблицу ПЗ.54 [26] определяем, что нам подходит:

МЭОФ – однооборотный фланцевый исполнительный механизм.

Выбираем исполнительный механизм типа МЭОФ-2500-96К по таблице ПЗ.54 [26],

где $M_H = 2500$ Н·м – расчетное значение на валу максимального крутящего момента;

$T_{нш} = 63$ с – номинальное время полного хода выходного вала;

$\varphi_H = 0,63$ об. – номинальное значение полного хода выходного вала;

Тип управляющего устройства – ПБР-3А, ФЦ 0610, ФЦ 0620.

Тип исполнительного механизма: МЭОФ-2500/63-0,63М-96К.

5.6 Выбор блока управления исполнительного механизма

В качестве блока управления исполнительным механизмом будем использовать пускатель бесконтактный реверсивный ПБР-3А, выполняющий пуск, реверс и остановку трехфазных электродвигателей.

Пускатель осуществляет питание от трехфазной сети переменного тока с номинальным напряжением 380, 400 или 415 В и частотой 50 или 60 Гц. Допустимое отклонение напряжения питания от минус 15 до плюс 10 %, частоты – от минус 2 до плюс 2 %.

Потребляемая пускателем мощность при отсутствии сигнала управления, составляет не более 5 Вт. Входное сопротивление пускателя – 750 ± 100 Ом. Максимальный коммутируемый ток 3 А.

Напряжение источника питания цепей управления 26 ± 2 В (среднее значение двухполупериодного выпрямленного напряжения). Потребляемый нагрузкой максимальный ток не должен быть более 100 мА [27].

5.7 Выбор частотного преобразователя

Критерием выбора частотного преобразователя является мощность электродвигателя вентилятора 22 кВт (таблица 2.1). При выборе преобразователя будем ориентироваться на чуть большую мощность.

Рассмотрим три преобразователя частоты:

1) Частотный преобразователь HYUNDAI N700E-220HF/300HFP 22/30кВт 380...480В. Производитель – компания Hyundai. С трехфазным напряжением 380...480 В, рассчитан на управление электродвигателями мощностью 22...30 кВт. Имеет функцию расширенной защиты для безопасности функционирования, характерен низкий уровень шума, длительный срок службы вентилятора, имеет улучшенное ПИД-управление. Примерная стоимость 130 тыс. рублей.

2) Частотный преобразователь ATV630 30 кВт 380 В с трехфазным напряжением питания 380 В. Производитель – Schneider Electric. Степень защиты корпуса – IP21. Диапазон мощностей до 30 кВт. Цена от 140 тыс. рублей.

3) Частотный преобразователь ОВЕН ПЧВ3-30К-В с трехфазным напряжением питания от 380 до 480 В переменного тока. Степенью защиты корпуса – IP54. Имеет встроенный ПИ-регулятор для управления в замкнутом контуре. Диапазон мощностей до 30 кВт [28]. Цена от 115 тыс. рублей.

Выберем ОВЕН ПЧВ3-30К-В, потому что данный прибор дешевле из всех представленных.

5.8 Выбор регулирующего устройства

В качестве регулирующего устройства используется программируемый логический контроллер. В дипломной работе

рассматривались 3 контроллера от различных производителей, таких как: «Siemens», «ЭЛСИ»; «ОВЕН». Для реализации задачи необходимо 4 аналоговых входа (с датчика температуры, с расходомера, с двух датчиков влажности), 1 аналоговый выход (сигнал на частотный преобразователь вентилятора), 8 дискретных входов (с четырех сигнализаторов уровня и с ИМ положение вала: клапан загрузки открыт или закрыт и клапан выгрузки открыт или закрыт) и 4 дискретных выхода (на пускатели двух исполнительных механизмов: открыть или закрыть клапан загрузки, открыть или закрыть клапан выгрузки). Также необходимо учитывать цену контроллера. Проведем сравнение характеристик контроллеров этих производителей.

Рассмотрим ПЛК фирмы «Siemens», цена которого составляет 59000 рублей. Применяется для решения задач автоматизации среднего уровня [29]. Исполнение контроллера блочно-модульное. Технические характеристики S7-200 приведены в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Технические характеристики ПЛК S7-200

Центральные процессоры	CPU 224	CPU 224XP	CPU 226
Объем памяти программ (EEPROM), кБ	8 / 12	12 / 16	16 / 24
Объем памяти данных, КБ	8	10	
Время выполнения инструкций	0,2 мкс		
Кол-во встроенных портов RS 485	2		
Кол-во встроенных входов-выходов	14 DI + 10 DO	14 DI +10 DO 2 AI + 1 AO	24 DI + 16 DO
Кол-во модулей расширения, не более	7		
Макс. кол-во входов-выходов системы	94 DI + 74 DO; 28(0)AI+7(14)AO	94 DI + 74 DO; 30(2)AI + 8(15)AO	128 DI + 120 DO; 28(0)AI + 7(14)AO
Выходной ток встроенного блока питания	280 мА	400 мА	Выходной ток встроенного блока питания

Рассмотрим ПЛК фирмы «ОВЕН 160», цена которого составляет 34000 рублей.

ОВЕН ПЛК160 – моноблочный контроллер, имеющий на борту дискретные и аналоговые входы/выходы, используются для распределенных систем, а также систем среднего уровня [30].

Таблица 5.5 – Технические характеристики ОВЕН ПЛК160-220-И М [M02]

Параметр	Значение (свойства)
	ПЛК160-220-И М [M02]
Питание	
Напряжение питания:	
– ПЛК160	от 90 до 264 В переменного тока частотой от 47 до 63 Гц
Потребляемая мощность, не более	45 ВА
Пусковой ток, не более	10 А – при напряжении 90 В 44 А – при напряжении 230 В 54 А – при напряжении 264 В
Выходное напряжение встроенного источника питания:	
– для исполнения 220 В	24±3 В, ток потребления не более 400 мА
Количество дискретных входов:	16
Напряжение питания дискретных входов	24 ± 3 В
Количество дискретных выходов:	12
Количество аналоговых входов	8
Тип поддерживаемых унифицированных сигналов	Ток 0(4)...20 мА Ток 0...5 мА Напряжение 0...10 В
Количество аналоговых выходов	4
Тип выходного сигнала	Универсальный: ток 4...20 мА или напряжение 0...10 В
Центральный процессор	RISC-процессор Texas Instruments Sitara AM1808
Объем оперативной памяти (SDRAM)	Пользовательская программа: 1 Мб Данные пользовательской программы: 128 Кб Heap: до 4 Мб ¹ RAM-диск: 8 Мб
Встроенное оборудование	

ПЛК Элсима-M01 производства АО «ЭлеСи» имеет открытую архитектуру, поддерживают стандартные промышленные интерфейсы и протоколы, на программно-аппаратном уровне совместим с датчиками и исполнительными механизмами разных производителей. Элсима-M01 предназначена для работы в малых системах автоматизации [31]. Цена – 33500 руб.

Таблица 5.6 – Технические характеристики контроллера Элсима-M01

Параметры	Элсима-M01
Центральный процессор	Cortex ARM8
Напряжение питания от источника постоянного тока, В	20...28
Потребляемая мощность, Вт, не более	7
Параметры	Элсима-M01
Рабочая температура, °С	0... 60
Атмосферное давление, кПа	84...106,7
Средний срок службы, лет, не менее	12
Дискретные входы	20
Дискретные выходы:	Тип «Открытый коллектор» - 4 Тип «Реле» - 2
Аналоговые входы	4
Интерфейсы	RS-485, Ethernet
Протоколы	Modbus RTU, Modbus TCP/IP, IEC

В данной работе выбран программируемый логический контроллер ОВЕН ПЛК-160. Данный контроллер имеет необходимое количество входов и выходов, что позволит избежать подключения удаленного модуля ввода-вывода, а значит, является более экономически выгодным вариантом.

6 Разработка монтажной схемы

Прокладываемые вне щитов электрические провода, кабели, импульсные, командные, питающие, защитные трубы, корпуса, лотки с указанием их номера, типа и длин изображаются на монтажных схемах или

на схемах внешних электрических проводок. На этих схемах в виде условных обозначений изображаются:

- отборные устройства и первичные преобразователи, встраиваемые в технологическое оборудование и трубопроводы;
- приборы и ТСА, устанавливаемые вне щитов и пультов;
- пульты, щиты и т.п.;
- вспомогательные устройства (соединительные и протяжные коробки, фитинги, коробки свободных концов термопар и т.п.);
- устройства заземления щитов, приборов и других токоприемников.

В дипломной работе разработана монтажная схема автоматической системы управления процессом сушки компонентов брикетированного топлива и представлена на листе с шифром ФЮРА.421000.006 С4.

К верхней части схемы отведена таблица с обозначениями измеряемых параметров, расположение установки датчиков и их позиционное обозначение. Например, датчик температуры устанавливается после вентилятора и на функциональной схеме имеет позицию 1. Ниже находятся условно изображенные датчики, от которых линиями отходят кабели. На этих линиях прописаны названия кабеля, его сечение и количество жил, а также протяженность. Линии, проведенные от датчиков, соединены с прямоугольником, который обозначает клеммную соединительную коробку КСК-16. Затем линии от КСК-16 подаются на шкаф автоматизации. Условно изображены и пронумерованы клеммы, к которым подходят линии от датчиков. В правой части чертежа расположены: частотный преобразователь ОВЕН ПЧВЗ, предназначенный для регулирования технологического параметра, путем подачи на него аналогового сигнала, исполнительные механизмы МЭОФ-2500/63-0,63М-96К и пускатели бесконтактные реверсивные ПБР-3А, предназначенные для управления клапаном загрузки сырья в сушильную камеру и выгрузки сырья из сушильной камеры. Также проведены линии до шкафа автоматизации и кабели.

Для электропроводок систем автоматизации используются изолированные провода и кабели с алюминиевыми и медными жилами. В данной работе в цепях измерения, управления, сигнализации применяются провода и кабели с медными токопроводящими жилами КРВГ (К – контрольный, Р – изоляцией из резины, В – оболочка из поливинилхлоридного пластиката, Г – отсутствие защитного покрова), в цепях питания – алюминиевые АКРВБГ (А – алюминиевый, К – контрольный, Р – изоляцией из резины, В – оболочка из поливинилхлоридного пластиката, Б – броня из двух стальных лент, Г – отсутствие защитного покрова).

Помимо требований к материалу проводников и допустимым сечениям при выборе проводов и кабелей особое необходимо уделять внимание соответствию их технических данных метеоусловиям и принятому способу исполнения электропроводки. При подборе проводов и кабелей требуется учитывать резерв жил.

Выбор марок проводов и кабелей для электропроводки АСУ проводим в соответствии с рекомендациями [32]. Характеристики кабелей и выбранных проводов представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Характеристика кабелей и выбранных проводов

№ линии	Марка	Кол- во жил	Номинал. сечение, мм ²	Мин. Радиус изгиба, мм	Номинал. напряжение, В	Номинал. частота, Гц
9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 19, 21, 22, 23, 26, 27, 28, 30,31	КРВГ	4	1	6 диаметров кабеля	до 660	100
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 18, 20, 24, 25, 29	АКРВБГ	4	2,5	67	до 660	100
17	КВРГ	19	1	6 диаметров кабеля	до 660	100

7 Разработка электрической схемы

Полный состав приборов и средств автоматизации, используемые в составе системы управления, отражает принципиальная электрическая схема.

Схема соединений устанавливает конструктивную реализацию соединений элементов в изделии. На схеме отображаются все устройства и элементы, входящие в схему, а также соединения между ними. Устройства представляются в виде прямоугольников, а элементы – в виде условных изображений, установленные в ЕСКД. На схеме указываются обозначения контактов элементов, нанесенные на изделие. Проводам на схеме присваиваются порядковые номера.

При выполнении схемы используем развернутые изображения элементов технических средств. Расположение графического и текстового материала выбирается для облегчения чтения этого чертежа.

Линии связи состоят только из горизонтальных и вертикальных отрезков. Расстояние между соседними параллельными линиями не менее 5 мм.

В данном разделе разработана электрическая схема автоматической системы управления процессом сушки компонентов брикетированного топлива, которая приведена на листе с шифром ФЮРА.421000.006 ЭЗ, перечень используемых элементов – на ФЮРА.421000.006 ПЭЗ.

Аналоговые сигналы поступают на преобразователи измерительные разделительные ЕТ 422, которые выступают в роли устройства гальванической развязки. После ЕТ 422 унифицированный токовый сигнал поступает на вход контроллера ОВЕН ПЛК160 [М02]. Дискретные сигналы поступают с сигнализаторов уровня на ПЛК.

ПЛК обрабатывает информацию, полученную с полевого уровня. На основе заданных алгоритмов он формирует управляющий сигнал, который передается на частотный преобразователь, подключенный к электродвигателю дутьевого вентилятора, а также на пускатели. Сигналы о положении вала в виде дискретных сигналов поступают с исполнительных механизмов по четырехпроводной схеме на ПЛК.

Питание устройств внутри щита осуществляется с помощью блока питания 24 В. От блока питания следует источник бесперебойного питания

G1, обеспечивающий корректную работу подключенных устройств при резких «провалах» или «всплесках» напряжения, а также обеспечивающий кратковременную автономную работу подключенного оборудования при полном отключении электроэнергии.

8 Разработка общего вида щита управления

Чертеж общего вида шкафа управления поясняет принцип его работы, показывает его конструкцию и как взаимодействуют его части.

В шкафах систем автоматизации размещают средства контроля и управления технологическим процессом, контрольно-измерительные приборы, сигнальные устройства, аппаратуру управления, автоматического регулирования, защиты и блокировки линий связи между ними.

Шкафы систем автоматизации устанавливаются в производственных и специализированных помещениях: операторских, диспетчерских, аппаратных и т.д. Общие виды шкафов должны быть выполнены в объеме, позволяющем изготовить оборудование на специализированных заводах со всеми вырезами и креплениями, необходимыми для установки приборов, средств автоматизации и вводов проводок.

Исходные материалы для проектирования общих видов:

- 1) функциональные схемы систем автоматизации;
- 2) принципиальные схемы электрические, пневматические автоматического регулирования, управления и сигнализации.

В данной работе для размещения средств автоматизации используется щит шкафной, высотой 1000 мм, шириной 600 мм и глубиной 500 мм – ЩШМ 1000х600х500 мм.

Чертеж общего вида щита управления содержит вид спереди, вид сбоку, вид с открытой дверцей, а также перечень составных частей.

ОВЕН ПЛК160 [M02] монтируются на рейку DIN 50 022 в верхней части щита управления, на этой же DIN-рейке монтируются автоматический

выключатель и блок зажимов ХТ8. На нижних DIN-рейках располагаются остальные блоки зажимов, а также источник бесперебойного питания и преобразователи измерительные разделительные ЕТ 422.

Общий вид щита управления представлен на листе с шифром ФЮРА.42100.006 ВО.

9 Оценка расхода тепловой энергии и сушильного агента в сушильной камере кипящего слоя

Выполним расчет расхода тепловой энергии и сушильного агента в сушильной камере кипящего слоя [33-35] для таких материалов, как древесина (сосна), торф, биомасса (солома) и фильтр-кек (отход углеобогащения).

Так как начальная влажность сырья варьируется от 15 до 40 %, то для оценки выберем определенные значения: 40 %, 36 %, 32 %, 28 %, 24 %, 20 %, 15 %.

Известные данные:

Влажность начальная (γ_0) – 40 %, 36 %, 32 %, 28 %, 24 %, 20 %, 15 %;

Влажность конечная (γ_1) – 15 %;

Производительность сушильной камеры по высушенному материалу (N) – 0,09 кг/с;

Температура воздуха на входе ($t_{в1}$) – 120 °С;

Температура воздуха на выходе ($t_{в2}$) – 90 °С;

1. Производительность сушилки по сырому материалу вычисляется по формуле 9.1:

$$N_{mi} = N \cdot \frac{100 - \gamma_1}{100 - \gamma_0}, \quad (9.1)$$

Количество испаряемой влаги вычисляется по формуле 9.2:

$$W_i = N_{mi} - N, \quad (9.2)$$

При начальной влажности 40 % производительность сушилки по сырому материалу и количество испаряемой влаги:

$$N_{m40} = 0,09 \cdot \frac{100 - 15}{100 - 40} = 0,128 \text{ кг/с},$$

$$W_{40} = 0,128 - 0,09 = 0,038 \text{ кг/с}.$$

При начальной влажности 36 % производительность сушилки по сырому материалу и количество испаряемой влаги:

$$N_{m36} = 0,09 \cdot \frac{100 - 15}{100 - 36} = 0,12 \text{ кг/с},$$

$$W_{36} = 0,12 - 0,09 = 0,03 \text{ кг/с}.$$

При начальной влажности 32 % производительность сушилки по сырому материалу и количество испаряемой влаги:

$$N_{m32} = 0,09 \cdot \frac{100 - 15}{100 - 32} = 0,113 \text{ кг/с},$$

$$W_{32} = 0,113 - 0,09 = 0,023 \text{ кг/с}.$$

При начальной влажности 28 % производительность сушилки по сырому материалу и количество испаряемой влаги:

$$N_{m28} = 0,09 \cdot \frac{100 - 15}{100 - 28} = 0,106 \text{ кг/с},$$

$$W_{28} = 0,106 - 0,09 = 0,016 \text{ кг/с}.$$

При начальной влажности 24 % производительность сушилки по сырому материалу и количество испаряемой влаги:

$$N_{m24} = 0,09 \cdot \frac{100 - 15}{100 - 24} = 0,101 \text{ кг/с},$$

$$W_{24} = 0,101 - 0,09 = 0,011 \text{ кг/с}.$$

При начальной влажности 20 % производительность сушилки по сырому материалу и количество испаряемой влаги:

$$N_{m20} = 0,09 \cdot \frac{100 - 15}{100 - 20} = 0,096 \text{ кг/с},$$

$$W_{20} = 0,096 - 0,09 = 0,006 \text{ кг/с}.$$

При начальной влажности 15 % производительность сушилки по сырому материалу и количество испаряемой влаги:

$$N_{m15} = 0,09 \cdot \frac{100 - 15}{100 - 15} = 0,09 \text{ кг/с.}$$

$$W_{15} = 0,09 - 0,09 = 0 \text{ кг/с.}$$

Начальная и конечная влажность не меняются, поэтому для каждого сырья производительность сушилки по сырому материалу и количество испаряемой влаги принимают одни и те же значения.

3. Вычислим расход тепловой энергии (кДж/с) для каждого материала, который рассчитывается по формуле ниже:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = W_i[r_0 + c_{\text{п}}(t_{\text{в2}} - t_1)] + Nc_{\text{м}}(t_2 - t_1) + 1,1 \cdot (Q_1 + Q_2), \quad (9.3)$$

где Q_1 – тепловая энергия, затрачиваемая на испарение влаги, кДж/с,

Q_2 – тепловая энергия, затрачиваемая на нагрев материала, кДж/с,

Q_3 – потери тепла в окружающую среду, кДж/с,

$r_0 = 2260$ кДж/кг – теплота испарения воды,

$c_{\text{п}} = 1,97$ кДж/(кг · К) – теплоемкость водяного пара,

$c_{\text{м}}$, кДж/(кг · К) – теплоемкость материала,

$t_1 = 20$ °С – температура материала на входе в сушильную камеру,

$t_2 = 90$ °С – температура материала на выходе из сушильной камеры.

Вынесем общий множитель:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 2,1 \cdot \{W_i[r_0 + c_{\text{п}}(t_{\text{в2}} - t_1)] + Nc_{\text{м}}(t_2 - t_1)\}, \quad (9.4)$$

3.1 Рассчитаем расход тепловой энергии при использовании древесины (сосны). Теплоемкость сосны составляет $c_{\text{м}} = 2,3$ кДж/(кг · К):

$$Q_{40} = 2,1 \cdot \{0,038 \cdot [2260 + 1,97 \cdot (90 - 20)] + 0,09 \cdot 2,3 \cdot (90 - 20)\} = 221,78 \text{ кДж/с,}$$

$$Q_{36} = 2,1 \cdot \{0,03 \cdot [2260 + 1,97 \cdot (90 - 20)] + 0,09 \cdot 2,3 \cdot (90 - 20)\} = 181,49 \text{ кДж/с,}$$

$$Q_{32} = 2,1 \cdot \{0,023 \cdot [2260 + 1,97 \cdot (90 - 20)] + 0,09 \cdot 2,3 \cdot (90 - 20)\} =$$

$$= 146,25 \text{ кДж/с},$$

$$Q_{28} = 2,1 \cdot \{0,016 \cdot [2260 + 1,97 \cdot (90 - 20)] + 0,09 \cdot 2,3 \cdot (90 - 20)\} =$$

$$= 110,99 \text{ кДж/с},$$

$$Q_{24} = 2,1 \cdot \{0,011 \cdot [2260 + 1,97 \cdot (90 - 20)] + 0,09 \cdot 2,3 \cdot (90 - 20)\} =$$

$$= 85,82 \text{ кДж/с},$$

$$Q_{20} = 2,1 \cdot \{0,006 \cdot [2260 + 1,97 \cdot (90 - 20)] + 0,09 \cdot 2,3 \cdot (90 - 20)\} =$$

$$= 60,64 \text{ кДж/с},$$

$$Q_{15} = 2,1 \cdot \{0 \cdot [2260 + 1,97 \cdot (90 - 20)] + 0,09 \cdot 2,3 \cdot (90 - 20)\} =$$

$$= 30,43 \text{ кДж/с}.$$

3.2 Рассчитаем расход тепловой энергии при использовании торфа. Теплоемкость торфа составляет $c_m = 1,88 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{K)}$:

$$Q_{40} = 2,1 \cdot \{0,038 \cdot [2260 + 1,97 \cdot (90 - 20)] + 0,09 \cdot 1,88 \cdot (90 - 20)\} =$$

$$= 216,22 \text{ кДж/с},$$

$$Q_{36} = 2,1 \cdot \{0,03 \cdot [2260 + 1,97 \cdot (90 - 20)] + 0,09 \cdot 1,88 \cdot (90 - 20)\} =$$

$$= 175,94 \text{ кДж/с},$$

$$Q_{32} = 2,1 \cdot \{0,023 \cdot [2260 + 1,97 \cdot (90 - 20)] + 0,09 \cdot 1,88 \cdot (90 - 20)\} =$$

$$= 140,69 \text{ кДж/с},$$

$$Q_{28} = 2,1 \cdot \{0,016 \cdot [2260 + 1,97 \cdot (90 - 20)] + 0,09 \cdot 1,88 \cdot (90 - 20)\} =$$

$$= 105,44 \text{ кДж/с},$$

$$Q_{24} = 2,1 \cdot \{0,011 \cdot [2260 + 1,97 \cdot (90 - 20)] + 0,09 \cdot 1,88 \cdot (90 - 20)\} =$$

$$= 80,26 \text{ кДж/с},$$

$$Q_{20} = 2,1 \cdot \{0,006 \cdot [2260 + 1,97 \cdot (90 - 20)] + 0,09 \cdot 1,88 \cdot (90 - 20)\} =$$

$$= 55,08 \text{ кДж/с},$$

$$Q_{15} = 2,1 \cdot \{0 \cdot [2260 + 1,97 \cdot (90 - 20)] + 0,09 \cdot 1,88 \cdot (90 - 20)\} =$$

$$= 24,87 \text{ кДж/с}.$$

3.3 Рассчитаем расход тепловой энергии при использовании биомассы (соломы). Теплоемкость соломы составляет $c_m = 2,34 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{K)}$:

$$Q_{40} = 2,1 \cdot \{0,038 \cdot [2260 + 1,97 \cdot (90 - 20)] + 0,09 \cdot 2,34 \cdot (90 - 20)\} = \\ = 222,31 \text{ кДж/с},$$

$$Q_{36} = 2,1 \cdot \{0,03 \cdot [2260 + 1,97 \cdot (90 - 20)] + 0,09 \cdot 2,34 \cdot (90 - 20)\} = \\ = 182,03 \text{ кДж/с},$$

$$Q_{32} = 2,1 \cdot \{0,023 \cdot [2260 + 1,97 \cdot (90 - 20)] + 0,09 \cdot 2,34 \cdot (90 - 20)\} = \\ = 146,78 \text{ кДж/с},$$

$$Q_{28} = 2,1 \cdot \{0,016 \cdot [2260 + 1,97 \cdot (90 - 20)] + 0,09 \cdot 2,34 \cdot (90 - 20)\} = \\ = 111,53 \text{ кДж/с},$$

$$Q_{24} = 2,1 \cdot \{0,011 \cdot [2260 + 1,97 \cdot (90 - 20)] + 0,09 \cdot 2,34 \cdot (90 - 20)\} = \\ = 86,35 \text{ кДж/с},$$

$$Q_{20} = 2,1 \cdot \{0,006 \cdot [2260 + 1,97 \cdot (90 - 20)] + 0,09 \cdot 2,34 \cdot (90 - 20)\} = \\ = 61,17 \text{ кДж/с},$$

$$Q_{15} = 2,1 \cdot \{0 \cdot [2260 + 1,97 \cdot (90 - 20)] + 0,09 \cdot 2,34 \cdot (90 - 20)\} = \\ = 30,96 \text{ кДж/с}.$$

3.4 Рассчитаем расход тепловой энергии при использовании фильтр-кека. Теплоемкость фильтр-кека составляет $c_m = 1,895 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{K)}$:

$$Q_{40} = 2,1 \cdot \{0,038 \cdot [2260 + 1,97 \cdot (90 - 20)] + 0,09 \cdot 1,895 \cdot (90 - 20)\} = \\ = 216,42 \text{ кДж/с},$$

$$Q_{36} = 2,1 \cdot \{0,03 \cdot [2260 + 1,97 \cdot (90 - 20)] + 0,09 \cdot 1,895 \cdot (90 - 20)\} = \\ = 176,14 \text{ кДж/с},$$

$$Q_{32} = 2,1 \cdot \{0,023 \cdot [2260 + 1,97 \cdot (90 - 20)] + 0,09 \cdot 1,895 \cdot (90 - 20)\} = \\ = 140,89 \text{ кДж/с},$$

$$Q_{28} = 2,1 \cdot \{0,016 \cdot [2260 + 1,97 \cdot (90 - 20)] + 0,09 \cdot 1,895 \cdot (90 - 20)\} = \\ = 105,64 \text{ кДж/с},$$

$$Q_{24} = 2,1 \cdot \{0,011 \cdot [2260 + 1,97 \cdot (90 - 20)] + 0,09 \cdot 1,895 \cdot (90 - 20)\} = \\ = 80,46 \text{ кДж/с},$$

$$Q_{20} = 2,1 \cdot \{0,006 \cdot [2260 + 1,97 \cdot (90 - 20)] + 0,09 \cdot 1,895 \cdot (90 - 20)\} = \\ = 55,28 \text{ кДж/с},$$

$$Q_{15} = 2,1 \cdot \{0 \cdot [2260 + 1,97 \cdot (90 - 20)] + 0,09 \cdot 1,895 \cdot (90 - 20)\} = 25,07 \text{ кДж/с.}$$

Для удобства объединим результаты вычислений в таблицу 9.1.

Таблица 9.1 – Расход тепловой энергии

Начальная влажность, %	Древесина (сосна) Q, кДж/с	Торф Q, кДж/с	Биомасса (солома) Q, кДж/с	Фильтр-кек Q, кДж/с
40	221,78	216,22	222,31	216,42
36	181,49	175,94	182,03	176,14
32	146,25	140,69	146,78	140,89
28	110,99	105,44	111,53	105,64
24	85,82	80,26	86,35	80,46
20	60,64	55,08	61,17	55,28
15	30,43	24,87	30,96	25,07

4. Вычислим расход сушильного агента (кг/с) для каждого материала, который рассчитывается по формуле 9.5:

$$F = \frac{Q}{c_B(t_{B1} - t_{B2})}, \quad (9.5)$$

где $c_B = 1 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)}$ – теплоемкость сухого воздуха.

4.1 Расход сушильного агента (кг/с) при использовании древесины (сосны).

$$F_{40} = \frac{Q_{40}}{c_B(t_{B1} - t_{B2})} = \frac{221,78}{1 \cdot (120 - 90)} = 7,39 \text{ кг/с,}$$

$$F_{38} = \frac{Q_{32}}{c_B(t_{B1} - t_{B2})} = \frac{181,49}{1 \cdot (120 - 90)} = 6,05 \text{ кг/с,}$$

$$F_{32} = \frac{Q_{32}}{c_B(t_{B1} - t_{B2})} = \frac{146,25}{1 \cdot (120 - 90)} = 4,87 \text{ кг/с,}$$

$$F_{28} = \frac{Q_{32}}{c_B(t_{B1} - t_{B2})} = \frac{110,99}{1 \cdot (120 - 90)} = 3,7 \text{ кг/с,}$$

$$F_{24} = \frac{Q_{24}}{c_B(t_{B1} - t_{B2})} = \frac{85,82}{1 \cdot (120 - 90)} = 2,86 \text{ кг/с,}$$

$$F_{20} = \frac{Q_{32}}{c_B(t_{B1} - t_{B2})} = \frac{60,64}{1 \cdot (120 - 90)} = 2,02 \text{ кг/с},$$

$$F_{15} = \frac{Q_{15}}{c_B(t_{B1} - t_{B2})} = \frac{30,43}{1 \cdot (120 - 90)} = 1,01 \text{ кг/с}.$$

4.2 Расход сушильного агента (кг/с) при использовании торфа.

$$F_{40} = \frac{Q_{40}}{c_B(t_{B1} - t_{B2})} = \frac{216,22}{1 \cdot (120 - 90)} = 7,21 \text{ кг/с},$$

$$F_{38} = \frac{Q_{32}}{c_B(t_{B1} - t_{B2})} = \frac{175,94}{1 \cdot (120 - 90)} = 5,86 \text{ кг/с},$$

$$F_{32} = \frac{Q_{32}}{c_B(t_{B1} - t_{B2})} = \frac{140,69}{1 \cdot (120 - 90)} = 4,69 \text{ кг/с},$$

$$F_{28} = \frac{Q_{32}}{c_B(t_{B1} - t_{B2})} = \frac{105,44}{1 \cdot (120 - 90)} = 3,51 \text{ кг/с},$$

$$F_{24} = \frac{Q_{24}}{c_B(t_{B1} - t_{B2})} = \frac{80,26}{1 \cdot (120 - 90)} = 2,68 \text{ кг/с},$$

$$F_{20} = \frac{Q_{32}}{c_B(t_{B1} - t_{B2})} = \frac{55,08}{1 \cdot (120 - 90)} = 1,84 \text{ кг/с},$$

$$F_{15} = \frac{Q_{15}}{c_B(t_{B1} - t_{B2})} = \frac{24,87}{1 \cdot (120 - 90)} = 0,83 \text{ кг/с}.$$

4.3 Расход сушильного агента (кг/с) при использовании биомассы (СОЛОМЫ).

$$F_{40} = \frac{Q_{40}}{c_B(t_{B1} - t_{B2})} = \frac{222,31}{1 \cdot (120 - 90)} = 7,41 \text{ кг/с},$$

$$F_{38} = \frac{Q_{32}}{c_B(t_{B1} - t_{B2})} = \frac{182,03}{1 \cdot (120 - 90)} = 6,07 \text{ кг/с},$$

$$F_{32} = \frac{Q_{32}}{c_B(t_{B1} - t_{B2})} = \frac{146,78}{1 \cdot (120 - 90)} = 4,89 \text{ кг/с},$$

$$F_{28} = \frac{Q_{32}}{c_B(t_{B1} - t_{B2})} = \frac{111,53}{1 \cdot (120 - 90)} = 3,72 \text{ кг/с},$$

$$F_{24} = \frac{Q_{24}}{c_B(t_{B1} - t_{B2})} = \frac{86,35}{1 \cdot (120 - 90)} = 2,88 \text{ кг/с},$$

$$F_{20} = \frac{Q_{32}}{c_B(t_{B1} - t_{B2})} = \frac{61,17}{1 \cdot (120 - 90)} = 2,04 \text{ кг/с},$$

$$F_{15} = \frac{Q_{15}}{c_B(t_{B1} - t_{B2})} = \frac{30,96}{1 \cdot (120 - 90)} = 1,03 \text{ кг/с}.$$

4.4 Расход сушильного агента (кг/с) при использовании фильтр-кека.

$$F_{40} = \frac{Q_{40}}{c_B(t_{B1} - t_{B2})} = \frac{216,42}{1 \cdot (120 - 90)} = 7,21 \text{ кг/с},$$

$$F_{38} = \frac{Q_{32}}{c_B(t_{B1} - t_{B2})} = \frac{176,14}{1 \cdot (120 - 90)} = 5,87 \text{ кг/с},$$

$$F_{32} = \frac{Q_{32}}{c_B(t_{B1} - t_{B2})} = \frac{140,89}{1 \cdot (120 - 90)} = 4,7 \text{ кг/с},$$

$$F_{28} = \frac{Q_{32}}{c_B(t_{B1} - t_{B2})} = \frac{105,64}{1 \cdot (120 - 90)} = 3,52 \text{ кг/с},$$

$$F_{24} = \frac{Q_{24}}{c_B(t_{B1} - t_{B2})} = \frac{80,46}{1 \cdot (120 - 90)} = 2,68 \text{ кг/с},$$

$$F_{20} = \frac{Q_{32}}{c_B(t_{B1} - t_{B2})} = \frac{55,28}{1 \cdot (120 - 90)} = 1,84 \text{ кг/с},$$

$$F_{15} = \frac{Q_{15}}{c_B(t_{B1} - t_{B2})} = \frac{25,07}{1 \cdot (120 - 90)} = 0,84 \text{ кг/с}.$$

Для удобства объединим результаты вычислений в таблицу 9.2.

Таблица 9.2 – Расход сушильного агента

Начальная влажность, %	Древесина (сосна) F, кг/с	Торф F, кг/с	Биомасса (солома) F, кг/с	Фильтр-кек F, кг/с
40	7,39	7,21	7,41	7,21
36	6,05	5,86	6,07	5,87
32	4,87	4,69	4,89	4,7
28	3,7	3,51	3,72	3,52
24	2,86	2,68	2,88	2,68
20	2,02	1,84	2,04	1,84
15	1,01	0,83	1,03	0,84

По результатам расчета построим графики зависимостей от начальной влажности (рисунок 8 и 9).

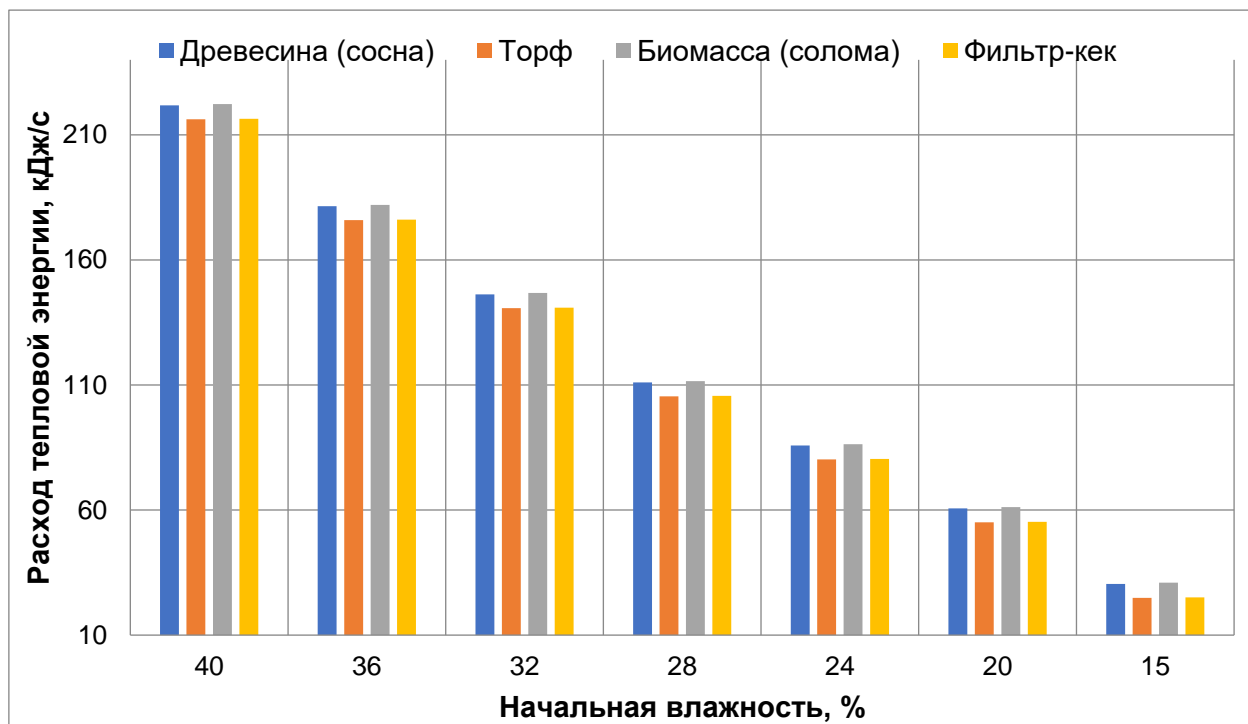


Рисунок 8 – Зависимость расхода тепловой энергии на сушку от начальной влажности сырья

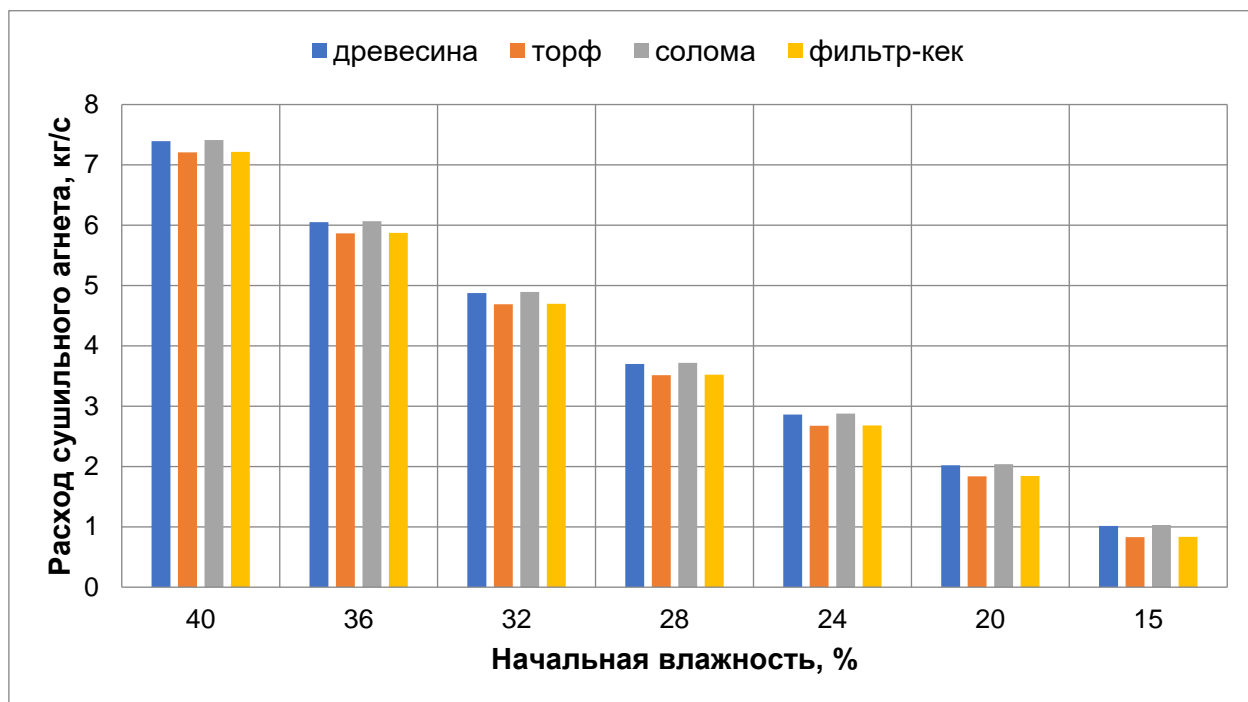


Рисунок 9 – Зависимость расхода сушильного агента от начальной влажности сырья

Выводы:

- 1) чем выше начальная влажность, тем выше производительность сушилки и, соответственно, количество испаряемой влаги;
- 2) расход сушильного агента прямо пропорциональна расходу тепловой энергии на сушку;
- 3) чем выше начальная влажность, тем больше тепловой энергии потребуется на сушку для достижения конечной влажности 15 %. Например, при начальной влажности сосны 36 % расход тепловой энергии составляет 181,49 кДж/с, а при 20% расход – 60,64 кДж/с;
- 4) чем выше начальная влажность, тем больше расход сушильного агента для достижения конечной влажности 15%. Например, при начальной влажности сосны 36 % расход сушильного агента 6,05 кг/с, а при 20 % расход – 2,02 кг/с;
- 5) по рисункам 8 и 9 видно, что значения расходов сушильного агента на обезвоживание древесины и биомассы почти одинаковы, что обусловлено близкими теплофизическими параметрами этих материалов. Аналогичный вывод можно сделать для торфа и фильтр-кека. В целом, расчеты показали достаточно близкие параметры сушки материалов разного происхождения при условии их одинаковой начальной влажности.

10 Мнемосхема проекта

В соответствии с требованиями настоящего ТЗ, на автоматизированное рабочее место оператора необходимо реализовать специализированное ПО визуализации процесса сушки компонентов брикетированного топлива.

Управление в АСУ реализовано с использованием CoDeSys, MasterScada и OPC-конфигуратора.

CoDeSys – инструментальный программный комплекс промышленной автоматизации. В данной среде разрабатывался код программы для программируемого логического контроллера (средний уровень).

MasterScada — программная среда для проектирования систем диспетчерского управления и сбора данных (SCADA). В данном комплексе создавался верхний уровень АСУ ТП.

Для взаимодействия между ПЛК и SCADA-системой использовалась технология OPC. Суть OPC – предоставить разработчикам промышленных программ универсальный фиксированный интерфейс (то есть набор функций) обмена данными с любыми устройствами.

На рисунке 10 представлена мнемосхема процесса сушки, где условно изображены дозирующий бункер, объект автоматизации и дутьевой насос. Оператор имеет возможность осуществлять процесс сушки в ручном или автоматическом режиме. Согласно мнемосхеме, оператор может задавать конечную влажность 10 % (условно) в виде уставки (влажность, к которой будет стремиться система). Начальная влажность определяется свойствами сырья и равна в пределах от 15 до 40 %. Начальная влажность передается от датчиков влажности через ПЛК в SCADA. В рамках упрощения работы оператор вручную задает начальную влажность, имитируя те самые датчики влажности. После задания выбирается режим и запускается программа.

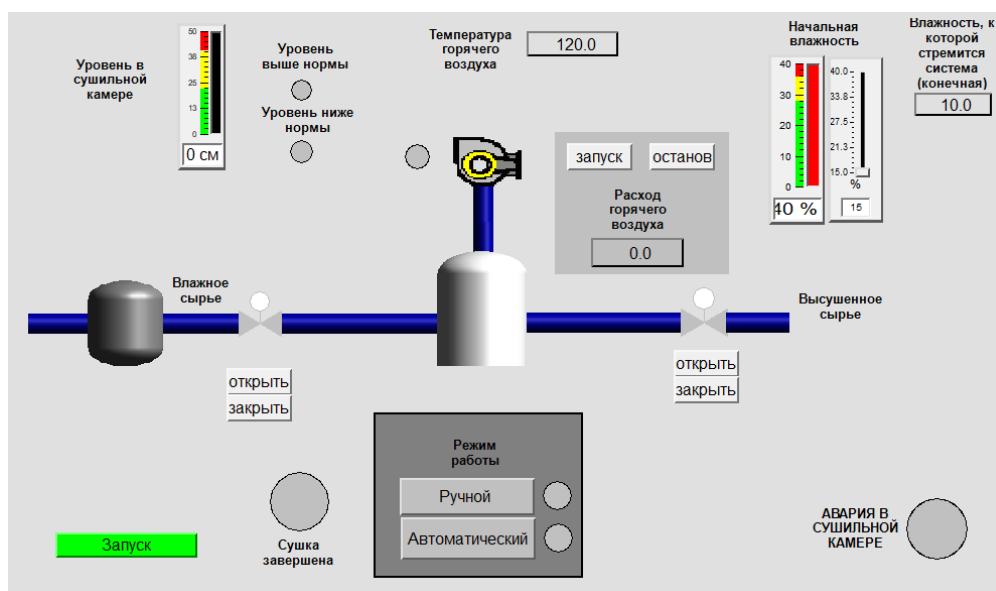


Рисунок 10 – Мнемосхема процесса сушки компонентов

Открывается клапан загрузки сырья, начинает увеличиваться уровень заполнения в сушильной камере с кипящим слоем. По достижению заданного уровня включается вентилятор и увеличивается расход горячего воздуха (температура постоянная – 120 °С). С увеличением расхода уменьшаются влажность сырья (рисунок 11).

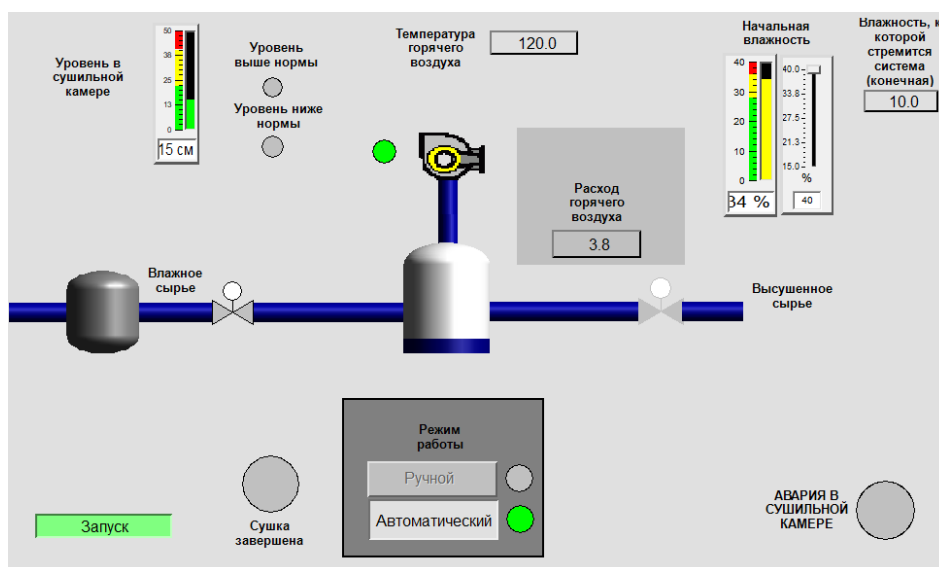


Рисунок 11 – Уменьшение влажности

По рисунку 12 видно, что начальная влажность уменьшилась с 40% до 10%, к которой стремилась система, расход горячего воздуха при этом составил 19,8 м³/мин (условно).

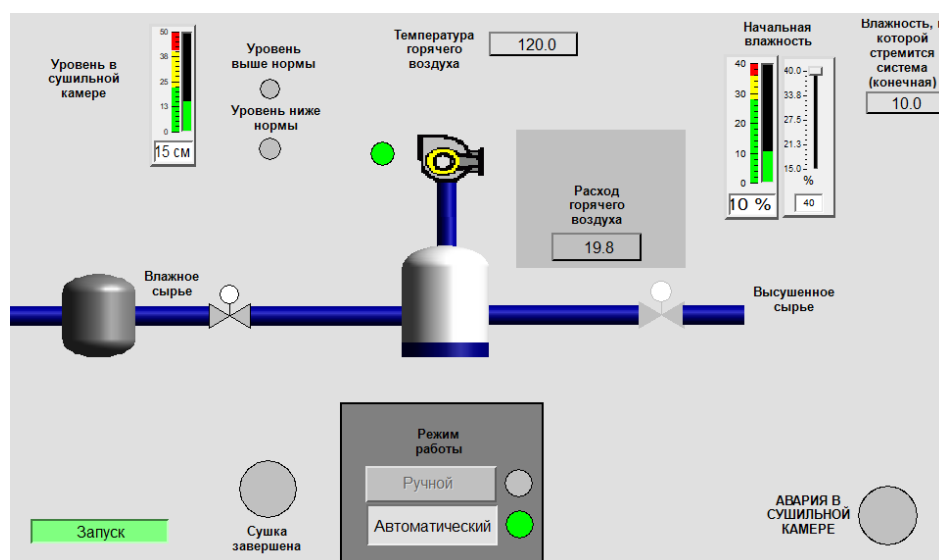


Рисунок 12 – Установление расхода горячего воздуха

После достижения нужной влажности загорается лампочка, что сушка завершена, и открывается клапан выгрузки сырья из сушиллки. По рисунку 13 видно, что уровень начинается снижаться.

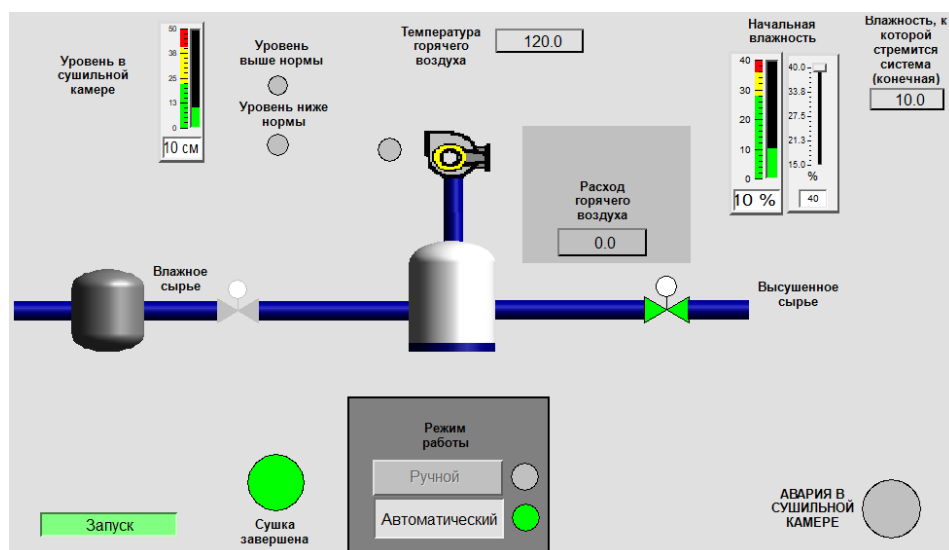


Рисунок 13 – Снижение уровня сырья в сушилке

Авария в сушильной камере может произойти при повышенном уровне заполнения сырьем, но в автоматическом режиме программа работает слажено, и авария не наблюдается.

В данном разделе работы приведены результаты разработки мнемосхемы процесса сушки компонентов брикетированного топлива.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
5Б6В	Дымбрылова Эржена Баировна

Школа	Инженерная школа энергетики	Отделение школы (НОЦ)	ОЭЭ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов технического проекта (ТП): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Примерный бюджет проекта - 3 493 353 руб. В реализации проекта задействованы: руководитель проекта и инженер
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30% Минимальный размер оплаты труда (на 01.01.2020) 12130 руб.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности ТП с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ конкурентных технических решений; SWOT-анализ
2. Планирование и формирование бюджета технического проекта	Планирование работ; Разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на проектирование
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности проекта	Описание потенциального эффекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Календарный план-график проектирования проекта
4. Бюджет затрат ТП

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	16.04.20
---	----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Трубченко Татьяна Григорьевна	Доцент, к.э.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б6В	Дымбрылова Эржена Баировна	16.04.20	

11 Финансовый менеджмент, ресурсосбережения и ресурсоэффективность

Введение

Целью написания данного раздела является анализ финансово-экономических аспектов разработки автоматической системы управления процессом сушки компонентов брикетированного топлива.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсосбережения и ресурсоэффективность» рассмотрены основные этапы, которые связаны с данным разделом.

Потенциальными потребителями брикетированного топлива являются котельные средней и малой мощности, крупные электростанции и ТЭЦ, промышленные предприятия, работающие на твердом топливе, а также частные потребители, проживающие в домах, неотапливаемые центральным отоплением.

11.1 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений дает возможность осуществить сравнение между конкурирующими разработками и определить тенденции для ее дальнейшего роста.

Данной анализ разумно производить с использованием оценочной карты таблица 11.1. Конкурентные решения возникли в ходе выбора сушилки для процесса сушки компонентов брикетированного топлива. Сушильная камера должна обеспечивать требуемую конечную влажность сыпучего топлива, быть надежной и безопасной. Построим оценочную карту для трех существующих камер сушки:

Конкуренты:

- 1) сушилка с кипящим слоем;
- 2) барабанная сушилка;
- 3) ленточная сушилка;

Таблица 11.1 – Оценочная карта

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Сушилка с кипящим слоем	Барабанная сушилка	Ленточная сушилка	Сушилка с кипящим слоем	Барабанная сушилка	Ленточная сушилка
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Повышение производительности	0,05	4	4	2	0,2	0,2	0,1
Удобство в эксплуатации	0,06	5	4	2	0,3	0,24	0,12
Помехоустойчивость	0,05	4	3	3	0,2	0,15	0,15
Энергоэкономичность	0,09	4	2	1	0,36	0,18	0,09
Надежность	0,11	4	4	4	0,44	0,44	0,44
Уровень шума	0,03	2	2	2	0,06	0,06	0,06
Безопасность	0,11	5	4	4	0,55	0,44	0,44
Потребность в ресурсах памяти	0,03	2	1	2	0,06	0,03	0,06
Функциональная мощность	0,03	5	4	2	0,15	0,12	0,06
Простота эксплуатации	0,04	5	4	2	0,2	0,16	0,08
Качество интеллектуального интерфейса	0,05	5	5	3	0,25	0,25	0,15
Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,02	5	5	4	0,1	0,1	0,08
Экономические критерии оценки эффективности							
Конкурентоспособность продукта	0,03	5	5	3	0,15	0,15	0,09
Уровень проникновения на рынок	0,03	4	4	4	0,12	0,12	0,12
Цена	0,06	3	2	2	0,18	0,24	0,18
Предполагаемый срок эксплуатации	0,07	4	4	4	0,28	0,28	0,28
Послепродажное обслуживание	0,05	5	3	3	0,25	0,15	0,15
Финансирование научной разработки	0,03	2	1	1	0,06	0,03	0,03

Продолжение таблицы 11.1

1	2	3	4	5	6	7	8
Экономические критерии оценки эффективности							
Срок выхода на рынок	0,04	4	4	4	0,16	0,16	0,16
Наличие сертификации разработки	0,02	1	3	5	0,02	0,06	0,1
Итого:	1	78	70	58	4,09	3,56	2,94

В таблице 11.1 приведены основные конкуренты и критерии оценки конкурентоспособности. Каждый показатель конкурентов расценивается по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей формируются в зависимости от их значимости. В таблице 11.1 Б_ф – это применение данного метода исследования сушильной камеры с кипящим слоем; Б_{к1} – применение барабанной сушилки; Б_{к2} – применение ленточной сушилки.

По таблице 11.1 видно, что наиболее эффективно использовать сушильную камеру с кипящим слоем, так как она обладает баллами выше по сравнению с другими сушилками. Согласно оценочной карте, можно выделить следующие конкурентные преимущества разработки «Сушилка с кипящим слоем»: удобство в эксплуатации, повышение надежности и безопасности, функциональная мощность, простота эксплуатации, повышение качества интеллектуального интерфейса, возможность подключения в сеть ЭВМ.

Дальнейший анализ и расчёт будет применён только к сушильной камере с кипящим слоем.

11.2 SWOT-анализ

SWOT анализ – это метод оценки ситуации и будущих перспектив проекта, основная цель которого: определить сильные и слабые стороны, возможности и угрозы со стороны внешней окружающей среды. На основании анализа делаются вывод: правильно развивается проект, какие риски нужно предусмотреть, что следует делать, каковы перспективы проекта [36].

Таблица 11.2 – Матрица SWOT проекта

	<p>Сильные стороны проекта:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Наличие опытного научного руководителя. 2. Экологичность технологии. 3. Не требует уникального оборудования, приборов. 4. Небольшие габариты сушилки. 5. Доступность компонентов (сырья) для сушки. 6. Достаточная производительность сушилки. 7. Низкая себестоимость производства брикетированного топлива. 8. Сравнительно низкая конкуренция в отрасли брикетированного топлива. 9. Низкая стоимость сырья. 	<p>Слабые стороны проекта:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Отсутствие компетентного персонала АСУ ТП. 2. Не стабильность поставки сырья. 3. Сухие брикеты должны перегружаться и храниться в зоне защищенной от влаги. 4. Наличие определенных дорогостоящих приборов измерения, преобразования для реализации АСУ процессом сушки компонентов брикетированного топлива.
<p>Возможности проекта:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Использование отечественного оборудования. 2. Развитие сертификации высушенного сырья. 3. Привлечение квалифицированного персонала. 4. Привлечение инвесторов. 5. Экспортирование сертифицированного сырья для биоэнергетической промышленности и её конечных продуктов на внешние рынки. 6. Улучшение технических характеристик процесса сушки компонентов брикетированного топлива. 7. Стройка складских помещений для брикетов. 	<p>Результаты анализа полей «Сильные стороны и возможности»</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. С наличием опытного научного руководителя можно подобрать квалифицированный персонал АСУ ТП. 2. За счёт увеличения производства осуществляется сертификация брикетированного топлива. 3. Проект более привлекателен для инвесторов из-за многочисленных сильных сторон. 4. Из-за увеличения производства необходимо поддерживать и/или улучшать технические характеристики установки для повышения качества брикетированного топлива. 5. При достаточной производительности сушильной камеры необходимы складские помещения для размещения сухих брикетов. 	<p>Результаты анализа полей «Слабые стороны и возможности»</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Слабые стороны ликвидируемы за счет анализа полей «Сильные стороны и возможности»; 2. Не стабильность поставки сырья происходит из-за того, что брикетированное топливо состоит из низкосортных компонентов (отходов углеобогащения, биомассы и отработанного технического масла). В дальнейшем эту проблему можно решить путем поиска дополнительных организаций, которые будут осуществлять поставки. 3. Т.к брикеты необходимо хранить в сухом помещении, необходима стройка складов для их размещения. 4. Замена отдельных элементов установки на элементы отечественного производителя, что влияет на понижение стоимости приборов.

Продолжение таблицы 11.2

Угрозы проекта:	Результаты анализа полей «Сильные стороны и угрозы»	Результаты анализа полей «Слабые стороны и угрозы»
1. Повышение цен на сырье. 2. Снижение спроса, отсутствие доверия у потребителей. 3. Ужесточение требований сертификации.	1. Удорожание цен на сырье зависит от поставщиков, что в свою очередь несет затраты на производство брикетированного топлива. 2. Экологичность технологии и низкая влажность брикета (а значит больше теплотворной способности) может повлиять на доверие потребителей (крупных ТЭЦ, котельных, частных лиц). 3. Ужесточение требований сертификации влечет за собой снижение производства.	1. Отсутствие квалифицированных работников может отодвинуть время начала осуществления процесса сушки компонентов брикетированного топлива. 2. Если брикеты будут находиться во влажном помещении длительное время, то это влечет ухудшение их качества, что значит снижение спроса и отсутствие доверия у потребителей.

Из матрицы SWOT можно сделать вывод, необходимо сделать упор на такие сильные стороны, как наличие опытного научного руководителя, экологичность технологии, низкая конкуренция в отрасли брикетированного топлива и низкая стоимость сырья, так как именно эти сильные стороны проекта связаны с наибольшим количеством возможностей. По части слабых сторон, необходимо обратить внимание на улучшение микроклимата в складских помещениях и на создании научной группы из квалифицированных работников. Работа над этими недостатками повысит способность конкурировать и иметь спрос у потребителей.

11.3 Планирование научно-технического исследования

11.3.1 Структура научно-технического исследования

Проектирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках проектирования АСУ процессом сушки компонентов брикетированного;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;

– построение графика проведения технического проекта [1].

Таблица 11.3 – Перечень стадий работ при разработке АСУ

Основные этапы	Содержание работ	Исполнитель
Разработка технического задания	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	Выбор регулируемого параметра (влажность) технологического процесса, описание объекта автоматизации	Инженер
	Календарное планирование работ	Руководитель
Теоретические исследования, разработка технической документации	Проведение экспериментальных исследований	Руководитель, инженер
	Разработка структурной схемы	Инженер
	Разработка функциональной схемы, выбор технических средств измерений	Инженер
	Разработка монтажной схемы	Инженер
	Разработка электрической схемы	Инженер
	Разработка общего вида щита управления	Инженер
	Проектирование мнемосхемы АСУ ТП	Инженер
	Расчет расхода тепловой энергии и сушильного агента в сушильной камере кипящего слоя	Руководитель Инженер
	Написание раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Инженер
	Написание раздела «Социальная ответственность»	Инженер
Оформление отчёта по НИР	Составление пояснительной записки по проекту	Руководитель, инженер

Как видно из таблицы 11.3 проектирование АСУ процессом сушки компонентов брикетированного топлива подразделяется на 15 этапов. Большую часть работ реализует инженер.

1.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется следующая формула [36]:

$$t_{ожи} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (11.1)$$

где $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.; $t_{\text{min}i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.; $t_{\text{max}i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн. [36].

Определим продолжительность (формула 11.2) каждой работы в рабочих днях T_p , учитывая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (11.2)$$

где – T_{pi} продолжительность одной работы, раб. дн.; $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.; $Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

11.3.3 Разработка графика проведения научно-технического исследования

Построим наглядный график проведения научных работ в форме диаграммы Ганта. График представлен на рисунке 11.5.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней переведем в календарные дни и занесем данные в таблицу 11.4. Для этого воспользуемся формулой 11.3, представленной ниже:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (11.3)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях; T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях; $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Рассчитаем коэффициент календарности на 2020 г. по формуле 11.4:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 118} = 1,476, \quad (11.4)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Таблица 11.4 – Временные показатели проведения научного исследования

Наименование работы	Исполнители работы	Трудоемкость работ, чел-дни			Длительность работ, дни	
		t _{min}	t _{max}	t _{ож}	T _p	T _k
Составление и утверждение технического задания	Руководитель	1	5	2,6	2,6	4
Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	3	5	3,8	3,8	6
Выбор регулируемого параметра (влажность) технологического процесса, описание объекта автоматизации	Инженер	1	2	1,4	1,4	2
Календарное планирование работ	Руководитель	0,5	2	1,1	1,1	2
Проведение экспериментальных исследований	Инженер	20	30	24	24	35
Разработка структурной схемы	Руководитель Инженер	3	5	3,8	1,9	3
Разработка функциональной схемы, выбор технических средств измерений	Инженер	3	7	4,6	4,6	7
Разработка монтажной схемы	Инженер	3	7	4,6	4,6	7
Разработка электрической схемы	Инженер	3	7	4,6	4,6	7
Разработка общего вида щита управления	Инженер	3	7	4,6	4,6	7
Проектирование мнемосхемы АСУ ТП	Инженер	2	5	3,2	3,2	5
Расчет расхода тепловой энергии и сушильного агента в сушильной камере кипящего слоя	Руководитель Инженер	3	5	3,8	1,9	3
Написание раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Инженер	3	7	4,6	4,6	7
Написание раздела «Социальная ответственность»	Инженер	3	7	4,6	4,6	7
Составление пояснительной записки по проекту	Руководитель Инженер	5	10	7	3,5	5

Пример расчета первой строчки «Составление и утверждение технического задания»:

$$1) t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 5}{5} = 2,6 \text{ чел. дни},$$

$$2) T_{\text{pi}} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i} = \frac{2,6}{1} = 2,6 \text{ раб. дни},$$

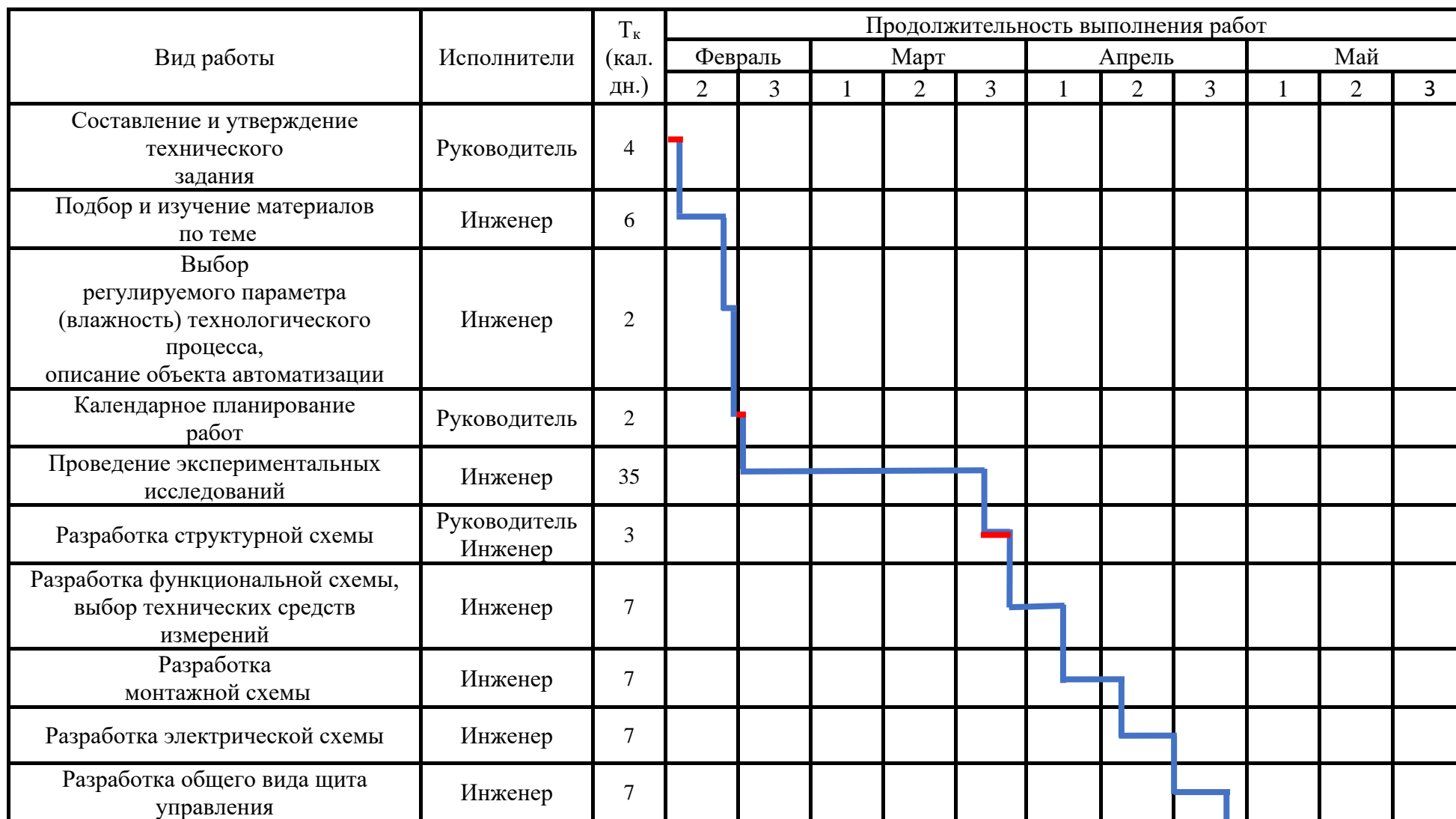
где $Ч_i = 1$, т.к. работу выполняет только руководитель.

$$3) T_{\text{ki}} = T_{\text{pi}} \cdot k_{\text{кал}} = 2,6 \cdot 1,476 = 3,83 \approx 4 \text{ кал. дн.}$$

Согласно составленному календарному плану с учетом вероятностного характера выполнения работ продолжительность разработки АСУ процессом сушки компонентов брикетированного топлива составляет 11 полных декад, начиная со второй декады февраля, заканчивая третьей декадой мая, с 10 февраля по 31 мая.

По диаграмме Ганта можно четко оценить показатели рабочего времени для каждого исполнителя. Длительность выполнения проекта в календарных днях составит 107 дней, из которых 90 дней – продолжительность выполнения работ инженером, а 17 дней – продолжительность выполнения работ руководителем.

Таблица 11.5 – Диаграмма Ганта



Продолжение таблицы 11.5

Вид работы	Исполнители	Т _к (кал. дн.)	Продолжительность выполнения работ										
			Февраль		Март			Апрель			Май		
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Проектирование мнемосхемы АСУ ТП	Инженер	5											
Расчет расхода тепловой энергии и сушильного агента в сушильной камере кипящего слоя	Руководитель Инженер	3											
Написание раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Инженер	7											
Написание раздела «Социальная ответственность»	Инженер	7											
Составление пояснительной записки по проекту	Руководитель, Инженер	5											

Руководитель 

Инженер 

11.4 Бюджет научно-технического исследования

11.4.1 Материальные затраты

В этом подразделе оценивается стоимость всех материальных ценностей, непосредственно расходуемых в процессе выполнения работ.

Теоретические исследования, а также моделирование системы требуют ряд программ: Microsoft Office, Microsoft Excel, CODESYS, MasterScada. Затраты на материалы включают в себя расходы на канцелярские принадлежности. В материальные затраты также включаются транспортно-заготовительные расходы (ТЗР) в пределах от 5 до 20 % от общей цены материалов. Расчёт материальных затрат приведён в табл. 11.6.

Таблица 11.6 – Материальные затраты

Наименование	Цена за ед., руб.	Кол-во, шт.	Сумма, руб.
Офисная бумага, упак. 500 листов	310	1	310
Тетрадь общая, 48 л.	50	1	50
Шариковая ручка	30	3	90
Картридж для принтера	1550	1	1550
Итого			1600
Итого с учётом ТЗР (10%)			1760

11.4.2 Смета затрат на оборудование

В таблице 11.7 представлена стоимость оборудования, используемых при разработке проекта.

Таблица 11.7 – Смета затрат на оборудование

Наименование	Количество, шт.	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы
Ноутбук	1	28 000	28 000
Принтер	1	3 000	3 000
Итого:			31 000

Наибольшие затраты при проектировании АСУ процессом сушки приходится на приобретение самого объекта автоматизации.

11.4.3 Расчет амортизационных отчислений

К основным фондам при реализации проекта относится ПК (ноутбук) и принтер.

Расчет амортизации ПК: первоначальная стоимость 28 000 рублей; срок полезного использования для машин составляет 5 лет, планируем использовать ПК для написания ВКР в течение 4 месяцев.

Расчет амортизации принтера: первоначальная стоимость 3 000 рублей; срок полезного использования для машин составляет 4 года, планируем использовать принтер для написания ВКР в течение 4 месяцев.

Норма амортизации:

$$A_n = \frac{1}{n} * 100\% = \frac{1}{5} \times 100\% = 20 \%, \quad (11.5)$$

$$A_n = \frac{1}{n} * 100\% = \frac{1}{4} \times 100\% = 25 \%. \quad (11.6)$$

Годовые амортизационные отчисления:

$$A_g = 28\,000 \times 0,2 = 5\,600 \text{ рублей}, \quad (11.7)$$

$$A_g = 3\,000 \times 0,25 = 7500 \text{ рублей}. \quad (11.8)$$

Ежемесячные амортизационные отчисления:

$$A_m = \frac{5\,600}{12} = 467 \text{ рублей}, \quad (11.9)$$

$$A_m = \frac{7\,500}{12} = 625 \text{ рублей}. \quad (11.10)$$

Итоговая сумма амортизации основных средств за 4 месяца работы:

$$A = 467 \cdot 4 + 625 \cdot 4 = 4\,368 \text{ рублей}. \quad (11.11)$$

11.4.4 Заработная плата исполнителей

Оклад руководителя составляет 30000 руб., оклад инженера 15000 руб.

В данном пункте рассчитываем основную заработную плату работников участвующих в выполнении работ по данной теме.

Затраты на заработную плату рассчитываются по формуле ниже:

$$З_{п} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (11.12)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб, $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.

Заработная плата основная рассчитывается согласно формуле 11.11:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p \cdot (1 + K_{\text{пр}} + K_{\text{д}}) \cdot K_p, \quad (11.13)$$

где $Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата, руб.; $K_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент (0,3); $K_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок (0,2-0,5); K_p – районный коэффициент (для Томска 1,3); T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дни.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле 11.13:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (11.13)$$

где Z_m – оклад работника за месяц, руб.; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя; F_d – действительный годовой фонд рабочего времени персонала, раб. дни. Баланс рабочего времени отображен в таблице 11.8.

Таблица 11.8 – Баланс рабочего времени (для 6-дневной недели)

Показатели рабочего времени	Дни
Календарные дни	366
Нерабочие дни (праздники/выходные)	118
Потери рабочего времени (отпуск/невыходы по болезни)	10
Действительный годовой фонд рабочего времени	238

Рассчитаем среднедневную заработную плату для инженера и, данные внесем в таблицу 11.9:

$$Z_{\text{дн.инж.}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{15\,000 \cdot 11,2}{238} = 705,9 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{дн.рук.}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{30\,000 \cdot 11,2}{238} = 1\,411,8 \text{ руб.}$$

Таблица 11.9 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{дн}}$, руб.	$K_{\text{пр}}$	$K_{\text{д}}$	K_p	T_p , раб. дни	$Z_{\text{осн}}$, руб.
Инженер	705,9	0,3	0,3	1,3	63,5	93 235,3

Продолжение таблицы 11.9

Руководитель	1 411,8	0,3	0,3	1,3	14,8	43 460,9
Итого						136 696,1

Расчет дополнительной заработной платы исполнителей по формуле 11.14:

$$З_{\text{доп}} = 0,12 \cdot З_{\text{осн}}, \quad (11.14)$$

$$З_{\text{доп.инж.}} = 0,12 \cdot 93\,235,3 = 11\,188,2 \text{ руб.},$$

$$З_{\text{доп.рук.}} = 0,12 \cdot 43\,460,9 = 5\,215,3 \text{ руб.}$$

11.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников [36].

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы 11.15:

$$З_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (11.15)$$

Рассчитаем величину внебюджетных отчислений:

$$З_{\text{внеб инж}} = 0,3 \cdot (93\,235,3 + 11\,188,2) = 31\,327 \text{ руб.},$$

$$З_{\text{внеб рук}} = 0,3 \cdot (43\,460,9 + 5\,215,3) = 14\,602,9 \text{ руб.}$$

11.4.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не включенные в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы и т.д. Величина коэффициента накладных расходов принимается в размере 16%. Их величина определяется по следующей формуле[36]:

$$З_{\text{накл}} = 0,16 \cdot (З_{\text{мат}} + А + З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}} + З_{\text{внеб}}). \quad (11.16)$$

Таблица 11.10 – Расчеты дополнительной заработной платы, отчисления во внебюджетные фонды и накладные расходы

Исполнитель	Зосн, руб.	Здоп, руб.	Звнеб, руб.	Знакл, руб.
Инженер	93 235,3	11 188,2	31 327	32 825,1
Руководитель	43 460,9	5 215,3	14 602,9	
Итого	136 696,1	16 403,5	45 929,9	32 825,1

Сумма накладных расходов составляет 32 825,1 рублей.

11.4.7 Формирование бюджета затрат

Рассчитанная величина затрат проектной работы является основной для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается проектной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку. Данные бюджета затрат ТП приведены в таблице 11.11.

Таблица 11.11 – Бюджет затрат

Наименование	Сумма, руб.	Удельный вес, %
Затраты на оборудование	31 000	11,5
Материальные затраты	1 760	0,65
Затраты на амортизацию	4 368	1,62
Затраты на основную заработную плату	136 696,1	50,8
Затраты на дополнительную заработную плату	16 403,5	6,1
Отчисления во внебюджетные фонды	45 929,9	17,1
Накладные расходы	32 825,1	12,2
Общий бюджет	268 983	100

11.4.3 Смета затрат на оборудование

В таблице 11.12 представлена бюджет затрат на электрооборудование рассматриваемой АСУ.

Таблица 11.12 – Бюджет затрат на электрооборудование рассматриваемой АСУ

Наименование	Количество, шт.	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы
Сушильная камера с кипящим слоем GF 200	1	2 000 000	2 000 000
Метран 2700	1	16 000	16 000

Продолжение таблицы 11.12

Наименование	Количество, шт.	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы
Диафрагма ДКС 10-100	1	3 000	3 000
Преобразователь давления Emerson Rosemount 2051C	1	27 000	27 000
Микроволновый сигнализатор уровня INNOlevel Micropulse IL-MP-N	4	90 000	360 000
Датчик влажности Humy 3000	2	30 000	60 000
Исполнительный механизм МЭОФ-2500- 96К	2	65 000	130 000
ДУП-М	2	3 700	7 400
Пускатель бесконтактный реверсивный ПБР-3А	2	4 200	8 400
Частотный преобразователь ОВЕН ПЧВЗ-30К-В	1	115 000	115 000
ОВЕН ПЛК160	1	34 000	34 000
Итого:			2 803 800

Наибольшие затраты при проектировании АСУ процессом сушки приходятся на приобретение самого объекта автоматизации.

Затраты на монтажные работы и транспортировку оборудования составят 15 % от суммы затрат на технические средства и рассчитываются в рублях:

$$Z_{\text{монт}} = 0,15 \cdot I_{\text{об}}, \quad (11.9)$$

где $I_{\text{об}}$ – затраты на оборудование.

$$Z_{\text{монт}} = 0,15 \cdot 2\,803\,800 = 420\,570 \text{ руб.}$$

Суммарные затраты на оборудование, монтажные работы и транспортировку:

$$Z = Z_{\text{об}} + Z_{\text{монт}} = 2\,803\,800 + 420\,570 = 3\,224\,370 \text{ руб.}$$

11.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Эффективность разработки сравнивается аналогичными сушильными камерами:

1. Текущая сушильная камера с кипящим слоем 2 000 000 руб.
2. Сушильная камера барабанного типа 3 500 000 руб.

3. Ленточная сушилка 3 000 000 руб.

Эффективность разработки определяется путём расчёта интегрального финансового показателя:

$$I_{\text{фин}}^i = \frac{\Phi_i}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (11.17)$$

где $I_{\text{фин}}^i$ – интегральный финансовый показатель разработки; Φ_i – стоимость i -ого варианта исполнения; Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения проекта.

$$I_{\text{фин}} = \frac{2\,000\,000}{2\,000\,000} = 1,$$

$$I_{\text{фин}}^1 = \frac{3\,500\,000}{2\,000\,000} = 1,75,$$

$$I_{\text{фин}}^2 = \frac{3\,000\,000}{2\,000\,000} = 1,5.$$

Сравнительная оценка ресурсоэффективности рассматриваемых аналогов приведена в табл. 11.13.

Таблица 11.13 – Сравнительная оценка ресурсоэффективности

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Текущее исп.	Исп.1	Исп.2
1. Финансовая возможность выполнения проекта	0,3	4	3	3
2. Энергоэкономичность	0,25	5	3	3
3. Энергоэффективность	0,3	5	2	2
4. Надежность	0,15	5	4	3

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности:

$$I_{\text{тек.}}^p = 4 \cdot 0,30 + 5 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,30 + 5 \cdot 0,15 = 4,7;$$

$$I_{\text{исп.1}}^p = 3 \cdot 0,30 + 3 \cdot 0,25 + 2 \cdot 0,30 + 4 \cdot 0,15 = 2,85;$$

$$I_{\text{исп.2}}^p = 3 \cdot 0,30 + 3 \cdot 0,25 + 2 \cdot 0,30 + 3 \cdot 0,15 = 2,7.$$

Из расчетов выявлено, что текущий проект по интегральному показателю ресурсоэффективности вариантов является выгодным и превосходит аналоги.

Интегральный показатель эффективности разработки I^i вычисляется на основании рассчитанных выше интегрального финансового показателя $I_{фин}^i$ и показателя ресурсоэффективности I_p^i :

$$I^i = \frac{I_p^i}{I_{фин}^i}, \quad (11.17)$$

Для разрабатываемой системы:

$$I_{тек.} = \frac{4,7}{1} = 4,7;$$

Для рассматриваемых аналогов:

$$I^1 = \frac{2,85}{1,75} = 1,63;$$

$$I^2 = \frac{2,7}{1,5} = 1,8.$$

Сравнительная эффективность разрабатываемой системы и рассматриваемых аналогов рассчитывается как:

$$\mathfrak{E} = \frac{I}{I^i},$$

Сравнительная эффективность разрабатываемой системы с аналогами приведена в табл. 11.14.

Таблица 11.14 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Разработка	Аналог №1	Аналог №2
Интегральный финансовый показатель $I_{фин}$	1	1,75	1,5
Интегральный показатель ресурсоэффективности I_p	4,7	2,85	2,7
Интегральный показатель эффективности I	4,7	1,63	1,8
Сравнительная эффективность \mathfrak{E} разработки к аналогам		2,9	0,9

Сравнение значений интегральных показателей эффективности показало, что разрабатываемая автоматическая система управления процессом сушки компонентов брикетированного топлива превосходит по всем остальным показателям, что говорит об эффективности использования технического проекта.

Выводы по разделу

В ходе выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» были решены следующие задачи:

1) проведена оценка коммерческого потенциала и перспективности.

Исследование показало, что брикетированное топливо востребовано для различных сегментов рынка. Данная продукция интересна крупным ТЭЦ, котельным и частным потребителям.

2) проведён анализ конкурентных технических решений.

Анализ конкурентных технических решений в сравнении с аналогичными сушильными камерами показал, что рассматриваемое сушилка с кипящим слоем конкурентоспособна.

Наибольшие преимущества наблюдаются в сфере удобства в эксплуатации, повышения надежности и безопасности, функциональной мощности, простоты эксплуатации, повышения качества интеллектуального интерфейса, возможности подключения в сеть ЭВМ.

3) SWOT-анализ.

Был проведён SWOT-анализ, который показывает слабые и сильные стороны предприятия, а также угрозы и возможности на рынке в целом и по отношению к конкурирующим организациям, в частности.

Из матрицы SWOT можно сделать вывод, необходимо сделать упор на такие сильные стороны, как наличие опытного научного руководителя, экологичность технологии, низкая конкуренция в отрасли брикетированного топлива и низкая стоимость сырья, так как именно эти

сильные стороны проекта связаны с наибольшим количеством возможностей. По части слабых сторон, необходимо обратить внимание на улучшение микроклимата в складских помещениях и на создании научной группы из квалифицированных работников. Работа над этими недостатками повысит способность конкурировать и иметь спрос у потребителей.

4) планирование выполнения работ по проекту.

Было произведено распределение обязанностей по выполнению проекта и рассчитано время, необходимое для выполнения работы. Общая продолжительность работ составила 107 дней. При этом инженер осуществлял работу каждый день, а научный руководитель производил контроль работы и помогал при расчете наиболее ответственных разделов проекта.

5) формирование бюджета затрат.

Также был сформирован бюджет затрат на разработку проекта, который составил 3 493 353 руб.

Расчет показал, что затраты на оборудование, используемые во время разработки проекта, составляют 31 000 руб. Минимальные затраты составляют материалы и амортизационные отчисления, в сумме 4 840 руб.

Расходы по заработной плате определены по трудоемкости выполняемой работы и действующей системы окладов и тарифных ставок и составили: заработная плата руководителя – 43 460,9 руб., заработная плата инженера – 93 235,3 руб. В основную заработную плату внесена премия, которая выплачивается каждый месяц в размере 30 % от оклада.

В целом по работе можно сделать вывод, что проектируемая автоматическая система управления имеет хороший потенциал, она конкурентоспособна, перспективна, а главное полезна окружающей среде, т.к. брикетированное топливо экологически безопасно, но в современных условиях требует постоянного совершенствования, обновления материальной базы и повышение профессионализма сотрудников.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5Б6В	Дымбрыловой Эржене Баировне

Школа	ИШЭ	Отделение (НОЦ)	И.Н. Бутакова
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Тема ВКР:

Автоматическая система управления процессом сушки компонентов брикетного топлива	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования	Автоматическая система управления процессом сушки компонентов брикетного топлива
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	– Конституция Российской Федерации. – Система стандартов безопасности труда (ССБТ) ГОСТ 12.0.004-2015. – Трудовой кодекс РФ.
2. Производственная безопасность – Анализ выявленных вредных и опасных факторов – Обоснование мероприятий по снижению воздействия	– Отклонение показателей микроклимата климата. – Повышенный уровень шума. – Недостаточная освещенность рабочей зоны. – Повышенный уровень электромагнитных излучений. – Поражение электрическим током. – Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов.
3. Экологическая безопасность:	Атмосфера: – Увеличение концентрации CO ₂ при использовании в качестве сушильного агента топочные газы. – Пыль, образующаяся в процессе сушки. Гидросфера: – Повышенный расход электроэнергии для создания высокой скорости сушильного агента, с целью образования

	"кипящего" слоя.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<ul style="list-style-type: none"> – Короткое замыкание. – Перегрузка сетей, которая ведет за собой сильный нагрев токоведущих элементов и загорание изоляции. – Не соблюдение техники безопасности. <p>Наиболее вероятная ЧС:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Самовозгорание топлива в сушильной камере из-за увеличения температуры горячего воздуха.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	16.04.20
---	-----------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Немцова Ольга Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5Б6В	Дымбрылова Эржена Баировна		

12 Социальная ответственность

Введение

Выпускная квалификационная работа по теме «Автоматическая система управления процессом сушки компонентов брикетированного топлива» посвящена разработке системы управления процессом сушки низкосортных компонентов, из которых в дальнейшем будет состоять брикетированное топливо, в сушильной камере, а также определению оценки расхода тепловой энергии и сушильного агента в сушильной камере кипящего слоя.

В разделе «Социальная ответственность» рассмотрены основные этапы, которые связаны с данным разделом.

12.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Безопасность жизнедеятельности работника на предприятии определяется безрисковыми условиями работы и организацией рабочего места, которые соответствуют установленным требованиям. Основой правового обеспечения безопасности на предприятии является Конституция Российской Федерации.

Согласно Конституции РФ, нормами в области охраны труда являются:

- 1) на первом месте жизнь и здоровье работника, а потом уже результат производственной деятельности предприятия;
- 2) единые нормативные требования по охране труда;
- 3) защита интересов работников, пострадавших в результате несчастных случаев на производстве.

Действующим нормативом по охране труда является ГОСТ 12.0.004-2015 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ)».

Охрана труда – это система законодательных актов для обеспечения безопасности и работоспособности человека в процессе труда. Включает в свой состав организационно-технические, гигиенические, социально-экономические, лечебно-профилактические мероприятия и средства.

Условия труда – комплекс элементов трудового процесса, который оказывает влияние на функциональное состояние организма работника.

Рабочее место – зона, где должен находиться работник для выполнения обслуживающих операций или производственных, подлежащее контролю работодателем.

Средства индивидуальной и коллективной защиты работников – средства, необходимые для предохранения от загрязнений, предотвращения отрицательного воздействия производственных факторов на работающих.

Требования охраны труда – установленные государством правила, процедуры, критерии и нормативы, выполнение которых обеспечивает безопасные условия труда и регламентирует поведение работающего. Обеспечение безопасных условий труда возлагается на работодателя и работника (часть десятая введена Федеральным законом от 30.06.2006 N 90-ФЗ) (в ред. Федерального закона от 24.07.2009 N 206-ФЗ).

Профессиональный риск – это возможность причинения вреда здоровью трудящегося, причина которой влияние вредных или опасных производственных факторов в процессе исполнения трудовых обязанностей по официальным соглашениям или по иным обстоятельствам, установленных Трудовым Кодексом и/или другими законами. Помимо этого, обязанность управления профессиональными рисками установлена статьей 209 ТК.

Основные эргономические требования:

1) рабочее место оператора в операторной должно быть изолировано от превышающих норм избытка тепла, пыли, влаги и вредных токсических газов. Устанавливаются кондиционеры для уменьшения воздействия тепла в летний период работы.

2) должно быть организованно качественное освещение, вентиляция, шумоизоляция и пожарная безопасность. Для обслуживания сушильной камеры и связующих с ней других частей в темное время суток устанавливается дополнительное освещение. Здание операторной оснащается

вентиляцией, шумоизоляционными окнами, пожарным инвентарем и огнетушителями.

12.2 Производственная безопасность

Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в виде таблицы 12.1. Для выбора факторов использовался ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

Таблица 12.1 – Опасные и вредные факторы

Факторы (12.0.003-2015)	Этапы работы		Нормативные документы
	Рабочее место в операторской	Производственное помещение	
1. Отклонение параметров микроклимата	+		Микроклимат – СанПиН 2.2.4.548 – 96 [36] Освещение – СП 52.13330.2011 [37] Шумы – СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [38] Электромагнитное излучение - СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [39] Электробезопасность – ГОСТ 12.1.038-82 [40] Естественное и искусственное освещение – СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03 [41] Защита от тепловых воздействий ГОСТ Р 30331.4-95 [42]
2. Повышенный уровень шума		+	
3. Недостаточная освещенность рабочей зоны	+		
4. Повышенный уровень электромагнитных излучений	+		
5. Поражение электрическим током	+	+	
6. Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов		+	

12.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов

12.3.1 Отклонение параметров микроклимата

Работник, находясь на месте, где выполняет работу, подвержен влиянию окружающей среды, а точнее метеорологическим условиям и микроклимату. В рабочем помещении микроклимат характеризуется такими параметрами, как температура, скорость потока и влажность воздуха. Отклонения этих параметров могут возникать за счет неисправной работы отопительной

системы, перегрева приборов, оконных щелей и т.д. Постоянная работа в холодном помещении провоцирует простудные и сердечно – сосудистые заболевания, страдает позвоночник и суставы, обостряются язвенные болезни желудка, кишечника. Перегрев организма грозит головными болями, слабостью, потоотделением, повышение артериального давления.

Работа на ПК в диспетчерском помещении входит в категорию легких работ.

Оптимальные параметры микроклимата приведены в таблице 12.2 согласно СанПиН 2.2.4.548-96:

Таблица 12.2 – Оптимальные параметры микроклимата на рабочем месте

Период года	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость перемещения воздуха, м/с
Холодный	21...23	60...40	< 0,1
Теплый	22...24	60...40	<0,1

В таблице 12.3 указаны допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах.

Таблица 12.3 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		Ниже оптимальных величин	Выше оптимальных величин		ниже оптимальных величин, не более	выше оптимальных величин, не более**
Холодный	Іб (140 ... 174)	19,0 ... 20,9	23,1 ... 24,0	15...75	0,1	0,2
Теплый	Іб (140 ... 174)	20,0 ... 21,9	24,1 ... 28,0	15...75*	0,1	0,3

* При температурах воздуха 25° С и выше максимальные величины относительной влажности воздуха должны приниматься в соответствии со специальными требованиями.

** При температурах воздуха 26...28° С скорость движения воздуха в теплый период года должна приниматься в соответствии со специальными требованиями.

Вредным веществом, содержащимся в воздухе, является углекислый газ CO_2 , который возникает от жизнедеятельности людей на рабочих местах. Большое содержание углекислого газа в закрытом помещении вызывает у человека слабость, сонливость, головные боли, снижает умственную и физическую активность.

ПДК CO_2 в воздухе, согласно ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» составляют 20 мг/м^3 .

12.3.2 Повышенный уровень шума

Шумом принято считать различные нежелательные для человека звуки. Шум в производственном помещении возникает от работы вентилятора, большого расхода горячего воздуха во время процесса сушки, работы самой сушильной камеры. Так же, как и микроклимат, шум влияет на самочувствие человека. В частности, если шум не сильный от 35 до 50 дБ, то он оказывает психологическое воздействие, в следствии чего возникает раздражение у человека. Однако если уровень шума будет свыше 90 дБ, то он приводит к нарушениям работы слуховых органов, нервной системы, усиливается его влияние на систему кровообращения.

В таблице 12.4 приведены допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука, которые регламентируются СН 2.2.4/2.1.8.562-96.

Таблица 12.4 – Допустимые уровни шума

Рабочие места	Уровни звукового давления (дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука и эквивалентные уровни звука, по дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
ОРУ (открытое распределительное устройство)	99	92	86	83	80	78	76	74	85

12.3.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Освещение рабочего места – неотъемлемый элемент, влияющий на благоприятные условия труда работника. Длительное пребывание в условиях

недостаточного освещения в рабочей зоне способствует развитию близорукости, затрудняет продолжительную работу и вызывает утомление. Излишне яркий свет снижает зрительные функции, приводит к перевозбуждению нервной системы, уменьшает работоспособность.

Организация освещения рабочей зоны происходит таким образом, чтобы оператор мог отчетливо наблюдать, не напрягая зрение, процесс работы на ПК и не только, а также чтобы не было прямого попадания лучей в глаза от источника света.

Работа за ПК относится к зрительным работам высокой точности для любого типа помещений согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Нормирование освещенности для работы за ПК приведено в таблицах 12.5, 12.6, 12.7.

Таблица 12.5 – Нормирование освещенности для работы с ПК

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Относительная продолжительность зрительной работы при направлении зрения на рабочую поверхность, %
Высокой точности	От 0,3 до 0,5	Б	1	Не менее 70
			2	Менее 70

Таблица 12.6 – Нормирование освещенности для работы с ПК

Характеристика Зрительной работы	Искусственное освещение				Естественное освещение	
	Освещенность на рабочей поверхности от системы общего освещения, лк	Цилиндрическая освещенность, лк	Объединенный показатель UGR, не более	Коэффициент пульсации освещенности КП, %, не более	КЕО еН, %, при	
					Верхнем или комбинированном	Боковым
	300	100*	21 18**	15	3,0	1,0
Высокой точности	200	75*	24 18**	20 15***	2,5	0,7

Требования к освещению на рабочих местах, в работе которых используются ПК, представлены в таблице согласно СП 52.13330.2011.

Таблица 12.7 – Требования к освещению на рабочих местах с ПК

Освещенность на рабочем столе	300...500 лк
Освещенность на экране ПК	не выше 300 лк
Блики на экране	не выше 40 кд/м ²
Прямая блесккость источника света	200 кд/м ²
Показатель ослепленности	не более 20
Показатель дискомфорта	не более 15
Отношение яркости:	
– между рабочими поверхностями	3:1–5:1
– между поверхностями стен и оборудования	10:1
Коэффициент пульсации:	не более 5%

12.3.4 Повышенный уровень электромагнитных излучений

Так как трудовая деятельность оператора АСУ ТП, в частности, связана с работой за персональным компьютером, то на него оказывается воздействие электромагнитного излучения. Источниками электромагнитного излучения являются все элементы персонального компьютера. Электромагнитные излучения негативно влияют на нервную, эндокринную и сердечно-сосудистую системы.

Требования к уровням электромагнитных полей на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ (персональная электронно-вычислительная машина) представлены в таблице 12.8, согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.

Таблица 12.8 – Временные допустимые уровни ЭМП (электромагнитное поле), создаваемых ПЭВМ на рабочих местах

Наименование параметров		Временно допустимый уровень ЭМП
Напряженность электрического поля	В диапазоне частот 5 Гц...2 кГц	25 В/м
	В диапазоне частот 2 кГц...400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного поля	В диапазоне частот 5 Гц...2 кГц	250 нТл
	В диапазоне частот 2 Гц...400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м

12.3.5 Электробезопасность

Источниками поражения электрическим током человека являются ПЭВМ, периферийные устройства, а также само оборудование, токоведущие элементы и элементы, находящиеся под напряжением. Последствиями поражения являются ожоги на теле, судороги, потеря сознания и даже смерть человека.

Помещение, в котором находится рабочее место, можно отнести к классу без повышенной опасности, которая соответствует условиям согласно с ГОСТ 12.1.038-82: напряжение питающей сети 220 В, 50 Гц; относительная влажность воздуха 50 %; температура около 24 °С; наличие полового покрытия, непроводящего ток.

12.3.6 Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов

Процесс сушки характеризуется использованием горячего воздуха температурой 120 °С вследствие чего нагревается сама сушильная камера и части оборудования, по которым передвигается горячий воздух. Последствиями контакта с высоко нагретыми поверхностями являются ожоги.

12.4 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя

Для обеспечения нормального микроклимата и благоприятной работы трудящегося в диспетчерском помещении предусматривается система вентиляции и отопления. Также вентиляция используется для поддержания в норме уровня углекислого газа в помещении.

Для снижения воздействия шума на слуховой аппарат рабочего используются наушники или беруши, которые обеспечивают меньшее проникновение звуковых волн.

Для обеспечения достаточной освещенности необходимо опираться на СП 52.13330.201 и СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03.

Для того, что снизить воздействие ЭМП осуществляют следующие мероприятия: соблюдение расстояния между работником и монитором не менее 50 см, использование средств экранирующей индивидуальной защиты.

Основными мерами по предотвращению и предупреждению негативного воздействия электрического тока на работника являются:

- мероприятия по заземлению;
- использование автоматических выключателей, в случае короткого замыкания, пробоев;
- изоляция токоведущих элементов от случайного контакта;
- использование независимых источников питания.

ГОСТ Р 30331.4-95 регламентирует, что мерами предосторожности от теплового воздействия являются:

- соблюдать ТБ при работе с исследуемыми нагретыми частями;
- выполняйте все работы по обслуживанию только при полностью отключенном от сети питанием оборудовании и после остывания нагретых частей;
- использовать перчатки из негорючего материала для защиты от ожогов.

12.5 Экологическая безопасность

Загрязнение биосферы – это возникновение в окружающей среде новых, как правило не характерных химических, биологических или физических загрязнителей, или избыток их естественного среднесного уровня в разного рода средах, приводящее к негативным воздействиям.

В таблице 12.9 представлены источники неблагоприятного воздействия и природоохранные мероприятия.

Таблица 12.9 – Неблагоприятные воздействия на окружающую среду и природоохранные мероприятия при обслуживании и эксплуатации установки

Элемент окружающей природной среды	Источник загрязнения	Природоохранное мероприятие
------------------------------------	----------------------	-----------------------------

Продолжение таблицы 12.9

Атмосфера	Увеличение концентрации CO ₂ при использовании в качестве сушильного агента топочные газы	<p>Планировочные мероприятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> - размещение объекта на площадке таким образом, чтобы исключалось попадание отработанного горячего воздуха на селитебную зону; - рациональное расположение заслона между жилым районом и объекта в виде леса, горной гряды и т.д.
	Пыль, являющаяся частью готового продукта, образующаяся в процессе сушки	Применение специальных фильтров или абсорберов с целью уменьшения уноса пыли в атмосферу
Гидросфера	Повышенный расход электроэнергии для создания высокой скорости сушильного агента, с целью образования "кипящего" слоя	Необходимо регулировать расход горячего воздуха в зависимости от начальной влажности

12.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация — это ситуация на определенной территории, которая сложилась вследствие аварии, страшного природного явления, человеческие смерти, а также ущерб здоровью людей или окружающей среде, крупные материальные утраты и нарушение условий жизнедеятельности общества.

В качестве возможных причин пожара можно указать следующие:

- короткое замыкание;
- перегрузка сетей, которая ведет за собой сильный нагрев токоведущих элементов и загорание изоляции;
- самовозгорание топлива в сушильной камере из-за увеличения температуры горячего воздуха;
- не соблюдение техники безопасности.

Для предупреждения пожаров от коротких замыканий и перегрузок необходимы правильный выбор, монтаж и соблюдение установленного

режима эксплуатации электрических сетей, других электрических средств автоматизации.

Самой распространенной причиной возникновения пожара является нарушение противопожарных правил. Поэтому персонал должен эти правила хорошо знать и выполнять.

Наиболее вероятной ЧС является возникновение самовозгорания в сушильной камере. Поскольку установка работает при высоких температурах, одним из таких опасностей является перегрев оборудования выше температуры, рассчитанной для его нормальной работы, что может привести к воспламенению сушильной камеры и помещения, в котором он находится. Для предупреждения такой ситуации необходимо внимательно следить за изменением температуры в сушильной камере и следить за правильностью подключения установки к электрической сети. Для предотвращения воспламенения помещение должно быть оснащено средствами пожаротушения (огнетушителями, ящиком с песком, стендом с противопожарным инвентарем), средствами связи.

С целью избежания вышесказанных ситуаций необходимо следовать:

- качественный монтаж технических средств автоматизации;
- подбор проводов нужного сечения, имеющих надежную изоляцию;
- произвести установку защитного заземления оборудования;
- вовремя производить замену или демонтаж элементов оборудования.

Порядок действия в результате возникновения ЧС:

- вызвать пожарных, известить о пожаре начальника подразделения, а также вызвать скорую помощь;
- проверить включение в работу автоматических систем противопожарной защиты в случае отказа автоматики;
- осуществить аварийную остановку оборудования и связанных с ней установок;

- при необходимости отключить питание, выключить вентилятор, прекратить любые работы в пожарной зоне;
- вывести работников за пределы опасной зоны, которые не участвуют в тушении пожара;
- принять меры по устранению пожара огнетушителями, песком до прибытия подразделений пожарной охраны;
- оказать помощь пожарной охране в выборе кратчайшего пути к очагу пожара.

Выводы по разделу

В ходе проделанной работы по данному разделу можно сделать вывод, что поставленная задача – это формирование у выпускника социальной ответственности перед обществом и природой. С экологической точки зрения брикетированное топливо из-за того, что может состоять из низкосортных компонентов, способствует вторичному использованию отработанных ресурсов. Что способствует уменьшению загрязнения в окружающую среду. Теплотворная способность у такого топлива выше, чем у дров, и сравнима с углем. Так как низкосортные топлива имеют высокую влажность, автоматизация процесса сушки позволяет снизить человеческий фактор и улучшить условия труда. За счет этого технологический процесс становится более стабильным, предсказуемым и безопасным.

Как итог работы по разделу «Социальная ответственность» были изучены: негативные воздействия на окружающую среду; выявлены и описаны вредные и опасные факторы, возникающие на производстве; указаны методики и средства борьбы с этими факторами; описаны возможные ЧС и меры по их предупреждению, а также описаны требования по поведению персонала при ЧС.

Заключение

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы была разработана автоматическая система управления процессом сушки компонентов брикетированного топлива. АСУ состоит из трех уровней: первый – полевой, который включает датчики измерения температуры, уровня, расхода и влажности, а также клапаны и исполнительные механизмы; второй – средний, где располагается программируемый логический контроллер, и верхний уровень – АРМ оператора.

В ходе выполнения ВКР была разработана проектная документация, включающая в себя структурную схему, функциональную схему, схему принципиальную электрическую, монтажную схему и общий вид щита. Был осуществлен выбор технических средств автоматизации. Разработана и реализована программа управления процессом сушки. Произведена оценка расхода тепловой энергии и сушильного агента в сушильной камере кипящего слоя. Выполнено технико-экономическое обоснование проекта, осуществлен анализ вредных и опасных факторов на организм человека и мероприятия по их устранению или снижению.

Список использованных источников

- 1 Marques E., Ferreira T., Pereira C., Paiva J.M., Pinho C. Analysis of kinetic and diffusive data from the combustion of char pellets made with hybrid mixtures // *Energy*. – 2019. – Vol. 181. – PP. 1179-88.
- 2 Trubetskaya A, Leahy JJ, Yazhenskikh E, Müller M, Layden P, Johnson R, et al. Characterization of woodstove briquettes from torrefied biomass and coal // *Energy*. – 2019. – Vol. 171. – PP. 853–65.
- 3 Обзор состояния и перспектив развития рынка топливных брикетов в России и зарубежом. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://seashipment.ru/obzor-sostoyaniya-i-perspektiv-razvitiya-rynka-toplivnykh-briketov-v-rossii-i-zarubezhom.htm> свободный. – Загл. с экрана.
- 4 Saidur R., Abdelaziz E.A., Demirbas A., Hossain M.S., Mekhilef S. A review on biomass as a fuel for boilers // *Renew Sustain Energy Rev*. – 2011. – Vol. 15. – PP. 2262–89.
- 5 Scatolino M.V., Neto L.F.C., Protásio T.P., Carneiro A.C.O., Andrade C.R., Guimarães Júnior J.B., et al. Options for Generation of Sustainable Energy: Production of Pellets Based on Combinations Between Lignocellulosic Biomasses // *Waste Biomass Valoris*. – 2018. – Vol. 9(3). – PP. 479-489.
- 6 Pradhan P, Mahajani SM, Arora A. Production and utilization of fuel pellets from biomass: A review // *Fuel Process Technol*. – 2018. – Vol. 181. – PP. 215-232.
- 7 Antwi-Boasiako C., Acheampong B.B. Strength properties and calorific values of sawdust-briquettes as wood-residue energy generation source from tropical hardwoods of different densities // *Biomass and Bioenergy*. – 2016. – Vol. 85. – PP. 144–52.
- 8 García R., Gil M.V., Rubiera F., Pevida C. Pelletization of wood and alternative residual biomass blends for producing industrial quality pellets. // *Fuel*. – 2019. – Vol. 251. – PP. 739–53.
- 9 Zhang X., Xu D., Xu Z., Cheng Q. The effect of different treatment

conditions on biomass binder preparation for lignite briquette // Fuel Process Technol. –2001. – Vol.73. – PP. 185–96.

10 Nurek T, Gendek A, Roman K, Dąbrowska M. The effect of temperature and moisture on the chosen parameters of briquettes made of shredded logging residues // Biomass and Bioenergy. – 2019. – Vol.130. – PP. 105-368.

11 Taulbee D., Patil D.P., Honaker R.Q., Parekh B.K. Briquetting of Coal Fines and Sawdust Part I: Binder and Briquetting-Parameters Evaluations // Int J Coal Prep Util. – 2009. – Vol.29. – PP. 1–22.

12 Olugbade T., Ojo O., Mohammed T. Influence of Binders on Combustion Properties of Biomass Briquettes: A Recent Review // BioEnergy Res. – 2019. – Vol.12. – PP. 241–59.

13 Muazu R.I., Stegemann J.A. Biosolids and microalgae as alternative binders for biomass fuel briquetting // Fuel. – 2017. – Vol.194. – PP. 339–47.

14 Lumadue MR, Cannon FS, Brown NR. Lignin as both fuel and fusing binder in briquetted anthracite fines for foundry coke substitute // Fuel. – 2012. – Vol.97. – PP. 869–75.

15 Lubwama M, Yiga VA, Muhairwe F, Kihedu J. Physical and combustion properties of agricultural residue bio-char bio-composite briquettes as sustainable domestic energy sources // Renew Energy. – 2020. – Vol.148. – PP. 1002–16.

16 Adeleke AA, Odusote JK, Lasode OA, Ikubanni PP, Malathi M, Paswan D. Densification of coal fines and mildly torrefied biomass into composite fuel using different organic binders // Heliyon. – 2019. – Vol.5. – 02160 p.

17 Navalta CJLG, Banaag KGC, Raboy VAO, Go AW, Cabatingan LK, Ju YH. Solid fuel from Co-briquetting of sugarcane bagasse and rice bran // Renew Energy. – 2020. – Vol.147. – PP. 1941–58.

18 Автоматизация процесса сушки. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/6860835/page:15/> свободный. – Загл. с экрана.

19 Сушилка со взвешенным (кипящим) слоем. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://forpsk.ru/index.php/stati/oborudovanie/115-sushilka-vzveshennogo-sloya_svoobodnyy. – Загл. с экрана.

20 Сушилки в псевдосжиженном (кипящем) слое серии GF. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://techsnab27.ru/p341129370-sushilki-psevdoszhizhenom-kiptyaschem.html> свободный. – Загл. с экрана.

21 Метран 2700 датчик температуры с УВС на базе микропроцессорной электроники. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.emerson.ru/ru-ru/catalog/automation-solutions-ru-ru/measurement-instrumentation-ru-ru/temperature-ru-ru/metran-2700-ru-ru> свободный. – Загл. с экрана.

22 Диафрагма камерная. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.elemer.ru/production/armatura_pressure/diafragma.php свободный. – Загл. с экрана.

23 Преобразователь давления Rosemount 2051C. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.emerson.ru/ru-ru/catalog/rosemount-sku-2051-wireless-dp-flow-transmitter-ru-ru> свободный. – Загл. с экрана.

24 Микроволновый сигнализатор INNOlevel Micropulse IL-MP-N. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://rusautomation.ru/datchiki_urovnya/mikrovolnovye-signalizatory-sipuchih-materialov свободный. – Загл. с экрана.

25 Система мониторинга влажности Humy 3000. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rusautomation.ru/analizatory-vlazhnosti/humy-3000> свободный. – Загл. с экрана.

26 Волошенко А. В. Проектирование функциональных схем систем автоматического контроля и регулирования: учебное пособие/ А. В. Волошенко, Д. Б. Горбунов – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 109 с.

27 Пускатель бесконтактный реверсивный ПБР-3, ПБР-3А. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. [Электронный

ресурс]. – Режим доступа: <http://www.skbspa.ru/ftpgetfile.php?id=231> свободный. – Загл. с экрана.

28 ПЧВЗ преобразователи частоты векторные для насосов и вентиляторов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://owen.ru/product/preobrazovatel_chastoti_oven_pchv3 свободный. – Загл. с экрана.

29 SIMATIC S7-200 Руководство по эксплуатации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ste.ru/siemens/contr.html> свободный. – Загл. с экрана.

30 ОВЕН ПЛК 160. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://owen.ru/product/plk160/connection> свободный. – Загл. с экрана.

31 ЭЛСИМА М01. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elesy.ru/products/products/elsyma/elsyma-m01/ti.aspx> свободный. – Загл. с экрана.

32 Ключев А.С., Глазов Б.В. Проектирование систем автоматизации технологических процессов // Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.

33 Никольский Б.П. Справочник химик. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва, Ленинград: Химия, 1965-1966. – 974 с.

34 Лебедев П.Д. Расчет и проектирование сушильных установок// учебное пособие. – М.-Л; Ленинград: Госэнергоиздат, 1963. – 320 с.

35 Gupta C.K., Sathiyamoorthy D. Fluid bed technology in materials for processing. – Boca Raton, 1999. – 505 p.

36 Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. Учебно-методическое пособие по выполнению раздела бакалаврской работы. – Томск: Издательство Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.

37 СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Минздрав России, 1997.

38 СП 52.13330.2011 Свод правил. Естественное и искусственное освещение. – М: Минрегион России, 2011.

39 СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки. – Москва, 1996.

40 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003.

41 ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.

42 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Минздрав России, 2003.

43 ГОСТ 30331.4-95. Требования по обеспечению безопасности. Защита от тепловых воздействий. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004.