

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки– 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
 Отделение школы (НОЦ)– Отделение автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Автоматизация технологического производства цемента с регулированием уровня загрузки.

УДК 681.51.01:517.977

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З–8Т51	Хабаров Артём Андреевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Кузьминская Е.В.	к.т.н.		

Консультант ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОАР ИШИТР	Емельянова Е.Ю.			

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский В. Ю.	к.э.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Матвиенко В.В.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Воронин А. В.	к.т.н, доцент		

Томск – 2020 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки (специальность) – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
Уровень образования – Бакалавриат
Отделение школы (НОЦ) - Отделение автоматизации и робототехники
Период выполнения осенний / весенний семестр 2019 /2020 учебного года

Форма представления работы:

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ - ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	27.05.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
	Основная часть	60
	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсбережение	20
	Социальная ответственность	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Кузьминская Е. В.	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Воронин А. В.	к.т.н.		

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

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки – 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) _____ (Дата) Воронин А.В. (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
З–8Т51	Хабарову Артёму Андреевичу

Тема работы:

Автоматизация технологического производства цемента с регулированием уровня загрузки.	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 59 - 64/с от 28.02.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:	27.05.2020
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</p>	<p>АСУ ТП предназначена для автоматического и автоматизированного управления технологическим оборудованием в масштабе реального времени в соответствии с регламентом безопасного ведения технологического процесса.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования;</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Литературный обзор. 2. Объект и методы исследования 3. Проектирование системы 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 5. Социальная ответственность

обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).		
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)		1. Структурная схема автоматизации 2. Функциональная схема автоматизации блока регулирования подачи минеральных добавок в цементную мельницу 3. Алгоритм сбора данных измерений 4. Дерево экранных форм
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)		
Раздел	Консультант	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент ОСТН ШБИП, к.э.н., Конотопский В.Ю.	
Социальная ответственность	Ассистент ООД ШБИП Матвиенко В.В.	
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:		

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	08.04.2020
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Кузьминская Е.В.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-8Т51	Хабаров А.А.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
3 - 8Т51	Хабарову Артёму Андреевичу

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
<i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально - технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Использовать действующие ценники и договорные цены на потребленные материальные и информационные ресурсы, а также указанную в МУ величину тарифа на эл. энергию
<i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	—
<i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Действующие ставки единого социального налога и НДС (см. МУ)
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<i>Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Построение плана - графика выполнения ВКР, составление соответствующей сметы затрат, расчет величины НДС и цены результата ВКР
Перечень графического материала(с точным указанием обязательных чертежей):	
<i>График проведения и бюджет НИИ</i>	
<i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ</i>	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Конотопский Владимир Юрьевич	к. э. н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3 - 8Т51	Хабаров Артём Андреевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3 - 8Т51	Хабарову Артёму Андреевичу

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Тема ВКР:

Автоматизация технологического производства цемента с регулированием уровня загрузки	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Блок загрузки минеральных добавок в цемент на территории Бухтарминской цементной компании Республики Казахстан, восточно - казахстанская область, посёлок Октябрьский.
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.	Ведомственные нормы технологического проектирования цементных заводов [26]. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197 - ФЗ (ред. от 27.12.2018) ст. 253,119,118, 147, 117[27]; ГОСТ 12.2.032 - 78 ССБТ [28]; ГОСТ 23000 - 78[29]
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные факторы превышение уровня шума тепловое излучение вибрации искусственное освещение повышенная запылённость загазованность Опасные факторы электрический ток статическое электричество пожароопасность

3. Экологическая безопасность:	загрязнение атмосферы
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	производственные аварии

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Матвиенко Владимир Владиславович			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3 - 8Т51	Хабаров Артём Андреевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 103 страницы, 13 рисунков, 18 таблиц приложений. 6.

Ключевые слова: АВТОМАТИЗАЦИЯ, ПЛК, SCADA, АСУ ТП, КИПиА, РЕГУЛЯТОР ВЕСА, ЦЕМЕНТНОЕ ПРОИВОДСТВО.

Объектом исследования является процесс регулирования уровня загрузки минералов в клинкерную мельницу

Цель работы – разработка автоматической системы управления уровнем загрузки бункера – дозатора с использованием ПЛК, на основе выбранной SCADA – системы, что позволит повысить эффективность производства.

В процессе исследования проводилась разработка автоматической системы управления подачей компонентов необходимого веса в сушильный барабан.

В результате исследования разработана система контроля и управления технологическим процессом на базе промышленных контроллеров ПЛК TREI-5B-05, с применением SCADA – системы Simplight.

Область применения: Разработанная система может применяться в системах контроля, управления и сбора данных на различных промышленных предприятиях. Данная система позволяет увеличить производительность, повысить точность и надежность измерений, сократить число аварий.

Содержание

Введение	13
1 Требования к системе.....	15
1.1 Назначение системы дозирования	16
1.3 Требования к техническому обеспечению	16
1.4 Требования к метрологическому обеспечению	17
1.5 Требования к программному и информационному обеспечению	17
1.6 Требования к математическому обеспечению	18
2 Описание технологического процесса	20
2.1 Основные узлы на ЦЗ	21
2.1.1 Подготовки сырья к производству	21
2.1.2 Этап сырьевых мельниц	22
2.1.3 Контур шламовых бассейнов	22
2.1.4 Склад добавок	23
2.1.5 Вращающаяся печь	24
2.1.6 Подготовка к транспортировке	26
2.2 Блок загрузки добавок на объекте цементного завода	26
2.3 Вывод	29
3. Проектирование системы	30
3.1 Разработка структурной и функциональной схем АС	32
3.2 Разработка схемы информационных потоков	35
3.3 Выбор средств реализации	36
3.3.1 Микроконтроллер	37
3.3.2 Дозатор	43

3.3.3 Датчик уровня.....	49
3.4 Схема внешних проводок	53
3.5 Алгоритм управления автоматического регулирования	54
3.6 Разработка дерева экранных форм	61
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	62
4.1 Организация и планирование работ	62
4.1.1 Продолжительность этапов работ	63
4.1.2 Расчет затрат на материалы	68
4.1.3 Расчет заработной платы.....	69
4.1.4 Расчет затрат на социальный налог	69
4.1.5 Расчет затрат на электроэнергию	69
4.1.6 Расчет амортизационных расчетов.....	71
4.1.7 Расчет расходов, учитываемых непосредственно на основе платежных (расчетных) документов (кроме суточных).....	72
4.1.8 Расчет прочих расходов	72
4.1. Расчет общей себестоимости разработки.....	72
4.1.10 Расчет прибыли.....	73
4.1.11 Расчет НДС	73
4.1.12 Цена разработки НИР	73
4.2 Оценка экономической эффективности проекта	73
5. Социальная ответственность	75
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	76
5.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.....	76

5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	76
5.2 Анализ вредных и опасных факторов	77
5.2.2 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов	83
5.3 Экологическая безопасность	85
5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	85
5.3.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	86
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	87
5.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований	87
Вывод:	89
Заключение	91
Список литературы	92
Приложение А (Обязательное) Схема производства цемента.....	96
Приложение Б (Обязательное) Условные обозначения	97
Приложение В (Справочное) Структура работы завода	99
Приложение Г (Обязательное) Функциональная схема автоматизации ...	100
Приложение Д (Обязательное) Дерево экранных форм	101
Приложение Е (Обязательное) Схема внешних проводов.....	103

В выпускной квалификационной работе используются следующие обозначения и сокращения:

АС – автоматизированная система;

АСУ ТП – автоматизированная система управления технологическим процессом;

ПЛК – программируемый логический контроллер;

SCADA–автоматизированная система управления технологическими процессами (АСУ ТП);

АРМ – автоматизированное рабочее место;

ПК – персональный компьютер;

ЦЗ – цементный завод;

БД – база данных;

АО «БЦК» – Акционерное общество «Бухтарминская цементная компания»;

ДВП – дозатор весовой позиционный.

Введение

Цементная промышленность имеет ключевое значение для экономического развития, поскольку производит основной вид строительных материалов для жилищного, промышленного строительства и для строительства объектов инфраструктуры. Уникальные свойства цемента позволяют на его основе изготавливать специальные конструкции, такие как железнодорожные шпалы, строительные блоки, панели, плиты и многие другие изделия. Так же используют и в других производствах, например, в нефтяной (установка колон, отделение пластов) и газовой промышленности, но на них приходится слишком малая часть рынка.

Цементное производство как объект управления является сложной динамической системой с большим количеством взаимосвязанных процессов. Качество управления ими на производстве прямым способом влияет на качество продукции, так как качественный цемент здесь является важным энергоносителем и ресурсом производства. Автоматизация ЦЗ предусматривает управление, как основного технологического фонда цементного производства, так и вспомогательного оборудования – дозаторов, мельниц, конвейеров и т.д.

Современные системы управления комплексами способны гарантировать безаварийную и эффективную эксплуатацию оборудования без непосредственного вмешательства оператора. Функции человека сводятся к онлайн – мониторингу трудоспособности и параметров всего комплекса устройств.

Техническое развитие цементной промышленности связано с использованием более производительных и усовершенствованных обжиговых и помольных агрегатов, дозаторов, значительно превосходящих по мощности установленное ранее технологическое оборудование, и с лучшими условиями труда при их обслуживании.

В целях обеспечения непрерывного уровня контроля за процессом работы комплекса на данный момент была разработана экранная форма для отображения всех текущих показаний функционирования объекта управления. В целях повысить качество работы и снизить энергозатраты производства в данном проекте предлагается подбор отечественных устройств, преобразователей, совместимых с современными операционными системами, необходимых для автоматического регулирования параметров.

Целью выпускной квалификационной работы является – разработка автоматической системы регулирования уровня загрузки минеральных добавок с использованием ПЛК, на основе выбранной SCADA–системы, с целью снизить трудозатраты и повысить эффективность производства.

В работе решаются следующие основные задачи:

- разработать автоматическую систему регулирования подачи минеральных добавок к клинкеру;
- рассмотреть возможности автоматизации технологического процесса регулирования уровня загрузки;
- дать характеристику объекту исследования;
- провести проектирование системы;
- рассмотреть вопросы финансового менеджмента и социальной ответственности.

Объектом исследования является процесс регулирования уровня загрузки минералов в клинкерную мельницу.

Предметом исследования является блок регулирования загрузки минералов к клинкеру, представляющий из себя группу объектов: склад добавок, ленточный конвейер, тарельчатый питатель, мельница помола клинкера.

1 Требования к системе

Перечень основных задач при создании автоматизированной системы управления выбранным объектом:

- оперативное получение информации об основных параметрах проходящих процессах в установке;
- оперативная обработка сигналов, поступающих с датчиков и исполнительных механизмов;
- автоматическое (по запрограммированным алгоритмам) и дистанционное (по командам с панели оператора) управление работой оборудования и технологическими группами оборудования с сохранением контроля за безопасностью процесса;
- автоматическое и дистанционное управление основными параметрами.

Назначением исследования является проектирование АСУ ТП регулирования уровня загрузки питателя, которая должна обеспечивать:

- приём сигнала с датчиков технологического процесса об их состоянии и состоянии и функциональных элементов системы;
- контроль данных по фактическим подлинным значениям;
- передачу сигнала машинисту и оператору об общем состоянии ТП;
- надёжность ТП посредством настройки блокировок для автоматической своевременной остановки процесса производства, в случае выхода из строя основных параметров;
- сигнализация о выходе значений технологических параметров за аварийные и предаварийные пределы (аварийная и предупредительная сигнализации);
- перевод дозатора на ручное управление при выходе уровня за пределы установок;
- контроль технологических параметров компонента;

- управления конвейерами подачи компонента;
- автоматическая диагностика программно – технических средств.

1.1 Назначение системы дозирования

Установка системы дозирования – комплекс устройств для автоматического контроля содержания в цементе минеральных добавок. В состав дозирующих систем входят насосы дозаторы устройства дозирования заданной массы. Дозаторы обеспечивают:

- выдачу дозы одного или нескольких продуктов;
- одному или разным потребителям изменяют количество компонентов в заданном соотношении с изменяющимся количеством других дозируемых компонентов;
- дозируют вещества в заданной временной или логической последовательности (программные дозаторы).

1.3 Требования к техническому обеспечению

В процесс разработки системы по теме ВКР необходимо соблюдать требования эксплуатации, пожароопасности, взрывоопасности. Совокупность выбора оборудования должна обеспечивать возможность построения трёхуровневой системы и включать в себя:

- приёмники, преобразователи и исполнительные механизмы, при этом полевые устройства должны обеспечивать стандартный сигнал на выходе (4 – 20) мА, иметь степень защиты не менее IP56, а также корректно работать при температурах до 50 °С;
- микропроцессорные программируемые логические контроллеры;

– автоматизированные рабочие места на базе персонального компьютера с монитором, клавиатурой и печатающим устройством;

Все датчики и исполнительные элементы должны быть устойчивыми к воздействию агрессивных сред, а также соответствовать требованиям пожарной безопасности и взрывобезопасности.

1.4 Требования к метрологическому обеспечению

Требования к метрологическому обеспечению работоспособности регулятора уровня загрузки дозатора представляют собой комплекс обязательных и рекомендуемых к исполнению действий, направленных на обеспечение единства и требуемой точности измерений, повышение эффективности и качества работоспособности системы. Нормы погрешности измерения веса $\pm 0,5 \%$.

1.5 Требования к программному и информационному обеспечению

В организации обработки данных, необходимых для исполнения автоматического контроля и управления за технологическим процессом важную роль играет программное обеспечение АСУ ТП. Для обеспечения работы осуществляемых функций в автоматическом режиме, реализуемой с помощью самостоятельных устройств вычислительных машин ПО АС должно включать в себя:

- комплекс программ, способных обеспечить управление системой компьютера;
- комплекс программ, способных обеспечить управление вводом и выводом сигналов компьютера;
- комплекс программ, способных обеспечить управление файлами компьютера;

- комплекс программ, способных обеспечить управление аппаратными средствами компьютера;
- комплекс программ, способных обеспечить необходимым набором инструментов для проектирования разработки;
- комплекс прикладных программ, способных обеспечить возможность решения общих универсальных задач пользователя;
- комплекс прикладных программ, способных обеспечить возможность решения узких задач пользователя.

Программное и информационное обеспечение должно обеспечивать следующие функции:

- обработку и хранение текущих значений технологических переменных, поступающих в систему, в результате опроса датчиков и первичной переработки информации;
- создание распределённой базы данных и возможность доступа к ней;
- отображение мнемосхем, в виде схематичных изображений с полной конфигурацией системы, с возможностью полного предоставления информации о состоянии объекта;
- обмена информацией в рамках распределённой системы посредством базы данных, обеспечивающей доступ к данным с локальных элементов сети;
- доступ к проектированию и изменению существующих параметров технологического процесса;
- создание унифицированной электронной документации, отчетов (рапортов, протоколов).

1.6 Требования к математическому обеспечению

Математическое обеспечение АС должно представлять собой совокупность математических методов, моделей и алгоритмов обработки

информации, используемых при создании и эксплуатации АС и позволять реализовывать различные компоненты АС.

Математическое обеспечение АС предназначено для реализации функций отображения, контроля и регистрации информации о ходе процесса работы оборудования и осуществляется как в автоматическом режиме, так и по запросу оператора – технолога.

2 Описание технологического процесса

Производство цемента на выбранном объекте производится по мокрому способу. Завод располагает собственными карьерами, откуда сырьё доставляется на склад сырьевого цеха, который оборудован грейферными кранами, приемными бункерами и силосами для хранения запасов. Сюда же дополнительно попадают железосодержащие добавки.

Подготовка цемента к транспортировке заключается в производстве клинкера в строгих стандартах производства. Известняк подвергается процессам измельчения, осушки, смешивания, обжига, прежде чем оказывается товарной продукцией цементного завода. Требования к качеству регламентируются в зависимости от назначения соответствующими отраслевыми и государственными стандартами. Схема производства цемента представлена в приложении А, описание структуры в приложении Б.

Основные характеристики ЦЗ представлены в таблице 1.1 [1].

Таблица 1.1 – Характеристика ЦЗ

Название характеристики	Значение
1	2
Производство цемента, тыс. тн	1 044,8
Производство клинкера, тыс. тн	852,5
Часы работы (клинкер), час	20 024
Выпуск за сутки, тн/день	3 960
Средневзвеш коэффициент использования печей, %	60,0
Расход тепла на печах, гдж/тнкл	5,61
Общий расход тепла, гдж/тнкл	5,91
Средневзвеш коэффициент использования ЦМ, %	44,8
Ввод клинкера, %	80,8
Расход э/э на клинкер, квч/тн.кл	85,9
квч/тн.цем	126,4
Цена на электроэнергию, тг/квч	12,20

2.1 Основные узлы на ЦЗ

Технологический процесс производства цемента осуществляется на цементном заводе, включает в себя:

- парк автотранспорта;
- щековую дробилку;
- молотковые дробилки;
- бункеры;
- дозаторы;
- мельница «гидрофол»;
- насос;
- мельница сырьевого помола;
- шламбассейн;
- вращающаяся печь;
- колосниковый холодильник;
- склад клинкера;
- склад гипса;
- склад добавок;
- сушильный барабан;
- ленточный конвейер;
- предизмельчитель;
- мельницу помола клинкера;
- систему очистки воздуха;
- силосный склад;
- электрофильтр.

2.1.1 Подготовки сырья к производству

Добытые мел, глина, известняк проходят через щековую дробилку и поступают в мельницу, где измельчаются. Далее сырье отправляют в шламбассейн, куда подводится вода. Происходит образование глиняного

шлама. После шламбассейна глиняный шлам с помощью насоса подают по трубопроводу в мельницу, в которую также подается вода. Здесь образуется сырьевой шлам с содержанием воды около 40 % [2].

2.1.2 Этап сырьевых мельниц

С помощью насоса шлам откачивается из мельницы, просеивается через сито и подается в сырьевую мельницу. Следующим этапом в сырьевой мельнице происходит истирание сырьевого шлама шарами диаметром (40 – 50) мм. Материал измельчается до частиц размером 200 мкм. Затем шлам с влажностью 40 % выходит из мельницы и поступает в вертикальные шламовые бассейны высотой 20 м, где происходит корректировка его состава путем добавления шламов с большим или меньшим содержанием компонентов – так называемая порционная корректировка. Также существует поточная корректировка, при которой готовят два шлама, отличающиеся по составу и коэффициенту насыщения [3].

2.1.3 Контур шламовых бассейнов

Корректирование состава достигается смешением компонентов в необходимом соотношении, в горизонтальных шламбассейнах большей вместимости. Готовый шлам интенсивно перемешивают при помощи сжатого воздуха.

Из вертикального шламового бассейна материал при помощи насоса перекачивается в горизонтальные бассейны. После проверки соответствия состава шлама заданным показателям он подается на шламовый питатель вращающейся печи. Для эффективной эксплуатации печей необходимо подавать на обжиг сырьевую смесь оптимального и постоянного состава. От этого зависят производительность печи, удельный расход теплоты на обжиг, срок службы футеровки, качество цемента.

Во вращающуюся печь подводится природный газ (CH_4). Из печи выходят гранулы размером (20 – 50) мм, которые подаются в колосниковый холодильник, где клинкер охлаждается с температуры от 1350 до 200 °С. Отсюда по ковшевому транспортеру клинкер поступает на склад открытого типа, где создается его промежуточный запас, обеспечивающий бесперебойную работу завода. Вместе с тем выдерживание клинкера на складе повышает качество цемента. Сюда же подают гипсовый камень и доменный шлак. Шлак поступает на предприятие железнодорожным транспортом, а затем машинами доставляется в цех подсушки шлака. Из шлака, перед отправкой на склад клинкера, предварительно удаляется влага в сушильном барабане, отработанный энергоноситель с помощью электрофилтра и дымососа удаляется в атмосферу [5].

2.1.4 Склад добавок

Различают несколько вариантов цемента, в соотношении с их составом. У каждого из них присутствует определенная характеристика твердости, от которой зависит марка и качество продукта. Различают несколько вариантов цемента, самые распространенные марки от двести до шестисот. При этом, выбор того или иного типа цемента напрямую определяется сферой его применения. Предлагаем ознакомиться с основными видами цемента:

Активными минеральными добавками называют вещества, которые при смешивании с воздушной известью придают ей после затвердевания водостойкость. Воздушную известь нельзя применять во влажных условиях, но при введении активных минеральных добавок она приобретает гидравлические свойства. Такие добавки (называемые иначе гидравлическими, или пуццолановыми) содержат кремнезем в аморфном состоянии. Он активно взаимодействует с гидроксидом кальция,

содержащимся в извести или выделяющимся при гидратации портландцемента. Возникающие при этом гидросиликаты кальция практически не растворимы в воде. Таким образом, растворимая составляющая цементного камня $\text{Ca}(\text{OH})_2$ переводится в нерастворимое соединение. В этом смысл использования активных минеральных добавок: экономя клинкерную часть, они в то же время придают цементу ряд особых свойств [2].

2.1.5 Вращающаяся печь

Агрегат мокрого способа производства представленный на рисунке 2.1 состоит из пылеосадительной камеры (8), шламового питателя (3), электрофильтров (2), главного дымососа (1), оборудования для возврата пыли (9) в печь (4), а с горячего конца – из головки (5), устройства для ввода и сжигания топлива (6), охладителя клинкера (7).

Вращающаяся печь представляет собой сварной пустотелый цилиндр, открытый с торцов, футерованный изнутри огнеупорным кирпичом и установленный с уклоном (3 – 4) %. Печь работает по принципу противотока. Шлам подается со стороны верхнего, «холодного», конца печи, а топливно–воздушная смесь – со стороны нижнего, «горячего», конца.

Печь имеет несколько технологических зон:

- в зоне подсушки шлам теряет влагу и при температуре (150 – 200) °C превращается в гранулы;
- в зоне подогрева гранулы нагреваются до температуры (700 – 800) °C;
- в зоне декарбонизации из гранул при температуре (1000 – 1100) °C выделяется углекислый газ и образуется свободная известь;
- в зоне спекания при температуре (1350 – 1450) °C в материале появляется жидкая фаза и происходит ряд химических реакций;

– в зоне предварительного охлаждения материал начинает охлаждаться, и этот процесс продолжается в холодильниках.

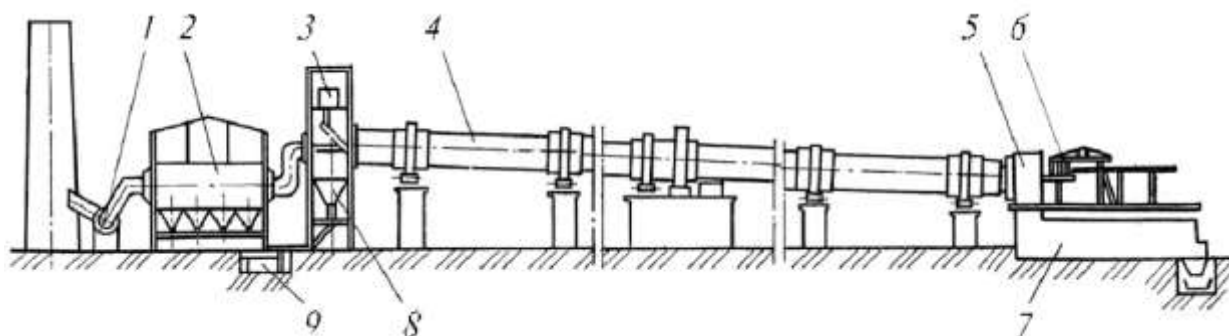


Рисунок 2.1 – Агрегат мокрого способа производства

Сырьевая смесь, проходя последовательно все зоны, превращается в цементный клинкер. Корпус вращающейся печи имеет по всей длине постоянный или переменный диаметр. В печах с переменным диаметром некоторые зоны расширены, например, зоны спекания и подсушки. В печах с корпусом постоянного сечения, по сравнению с печами с корпусом переменного, понижается пылеунос, повышается стойкость футеровки, удлиняется срок межремонтного периода, облегчаются футеровочные и ремонтные работы, уменьшается их стоимость, равномерно распределяются нагрузки на опорные устройства.

Вращающиеся печи оборудуют теплообменными устройствами для снижения расхода топлива, их встраивают в печь или устанавливают отдельно. Для охлаждения клинкера предусматривают установку отдельно стоящих или укрепленных на корпусе печи холодильников.

Очистка отходящих газов от пыли происходит в пылесадительные устройства печи, к которым относятся пыльная камера, циклон, электрофильтр, рукавный фильтр с повышенной теплостойкостью и т.д.

Клинкер выходит из печи с температурой около (1250 – 1350) °С. Транспортировать и перерабатывать такой клинкер практически невозможно. С другой стороны, возвращение в печь такого количества тепла существенно может пополнить ее тепловой баланс и снизить расход

топлива. Это достигается охлаждением клинкера в холодильнике воздухом, поступающим затем в печь для горения топлива [2].

2.1.6 Подготовка к транспортировке

Затем клинкер высыпает в бункер цементной мельницы, откуда по тарельчатому питателю он поступает в мельницу размером для помола цемента и производительностью, где и происходит его помол. Из цементной мельницы посредством пневмонасосов цемент по трубопроводу поступает в воздушно-проходной сепаратор для выделения готового продукта, направляющегося в цементные склады (кирпичные или металлические), и крупки, которая возвращается в цементную мельницу на домол.

При мокром способе производства в присутствии воды процесс измельчения материалов упрощается, легче достигается однородность смеси, надежнее и удобнее осуществляется транспортирование шлама, создаются лучшие санитарно-гигиенические условия труда. Эти обстоятельства обусловили широкое распространение мокрого способа производства в отечественной цементной промышленности (85 % общего выпуска клинкера). Однако введение в шлам значительного количества воды от 30 до 50 % от массы шлама) ведет к резкому повышению расхода теплоты на ее испарение, что на (30 – 40) % больше, чем при сухом способе производства. Вследствие этого возрастают габариты и металлоемкость печей, поскольку значительная часть их выполняет функции испарителя воды из шлама [2]. Структурная технологическая схема производства цемента по мокрому способу представлена в приложении В.

2.2 Блок загрузки добавок на объекте цементного завода

В схеме производства цемента существует блок загрузки минеральных добавок, транспортируемых со склада по ленточному конвейеру, предварительно прошедших молотковые дробилки и процесс осушки сырья в сушильном барабане. Измельченные и очищенные частицы в соответствии с технологической документацией в определённом порядке транспортируются на блок производства клинкера.

Данный блок имеет важное значение в системе производства цемента. Введение добавок микронаполнителей при помоле цемента положительно влияет на гидратацию клинкерных минералов, что способствует более полному использованию вяжущих свойств цемента. Минеральные добавки, введенные при помоле цемента в количестве от 25 до 40 %, не понижают, а повышают прочность бетона, при одинаковой норме расхода цемента, что позволяет снизить его расход в среднем на 25 % для марок бетона 300 и ниже.

На блоке загрузки добавок основными задачами автоматизации являются:

- запись поддержание и сигнализация расхода продукта;
- контроль веса сыпучего материала;
- контроль за пуском и остановкой процесса;
- контроль уровня загрузки питателя.
- и хранение рецептов;

Точное дозирование необходимых компонентов повысит процент качественной продукции на выходе и снизит производственные аварии на производстве, обеспечивая постоянный контроль за технологией процесса, обеспечивая непрерывную работу всего производства. На производстве для непрерывной подачи минеральных добавок установлен тарельчатый питатель как на рисунке 2.2. Питатель типа Т1 с подвижной тарелью состоит из загрузочного патрубка, корпуса, дозировочной тарели с формующей канавкой, сбрасывающего ножа и разгрузочного патрубка.

Вращение тарели осуществляется от электродвигателя через редуктор и цепной вариатор. Сыпучий материал поступает из бункера в загрузочный патрубок, нижним днищем которого является вращающаяся тарель. Попавший в формующую канавку сыпучий материал удаляется в зоне, расположенной вне нижнего отверстия загрузочного патрубка, сбрасываемым ножом. С нижнего днища корпуса сыпучий материал удаляется из питателя радиальной лопастью, прикрепленной к нижней поверхности тарели. Производительность тарельчатого питателя регулируют вручную изменением частоты вращения тарели вариатором [4], [6].



Рисунок 2.2 – Тарельчатый питатель

Питатель тарельчатого типа имеет ряд недостатков:

- высокий расход дозируемого материала;
- сложность в регулировке уровня загрузки питателя;
- нет контроля веса дозируемого компонента.

Контроль расхода осуществляется с помощью расходомеров SolidFlow производства ОАО "НАК "Азот", Россия со следующими техническими характеристиками:

- потребляемый ток 1 А;
- напряжение питания 230 В;
- мощность 220 Вт;
- ток выходного сигнала 4...20 Ма;
- хранение данных на USB;
- категория защиты IP 65;
- интерфейс RS 485.

2.3 Вывод

В этом разделе был рассмотрен процесс производства цемента в общем масштабе и в частности каждого блока. Особое внимание было уделено блоку дозирования минеральных добавок в сырьевую мельницу. Было определено, что этот блок является одним из основных среди прочих, поскольку точность дозирования влияет на качество готового продукта.

В ходе эксплуатации тарельчатого питателя были выявлены его недостатки и получены новые требования к процессам дозирования минеральных добавок. В процессе дозирования важно следить за уровнем загрузки питателя, отслеживать вес дозируемого компонента и вести запись рецептов для автоматической загрузки компонента в мельницу.

3. Проектирование системы

Регулирование подачи минеральных добавок в мельницу на, иными словами – регулирование уровня загрузки питателя – это из важнейших показателей на которой стоит обратить внимание при модернизации цементного завода. С помощью определенного рода добавок для цемента и бетона, удастся выполнить такие функции:

- сделать цементный раствор более стойким к влаге;
- повысить или снизить уровень усадки цемента;
- отрегулировать выделение тепла;
- улучшить декоративные качества цементного раствора;
- отрегулировать цементное тесто по плотности;
- сделать состав цементного раствора более пластичным.

Автоматизация данного процесса как усовершенствование технологий и оборудования, обеспечивает повышение качества производимой продукции. В режиме ручного управления есть несколько видов риска, отличающихся между собой по месту и времени возникновения:

- снижение ценности выпускаемого продукта;
- перерасход дефицитных и ценных компонентов;
- увеличение стоимости готовой продукции;

АСУ ТП ЦЗ предназначена для автоматического и автоматизированного управления технологическим оборудованием в масштабе реального времени в соответствии с регламентом безопасного ведения технологического процесса.

Основные цели создания АСУ ТП:

- оперативное получение информации о параметрах технологического процесса;

- сбор и предварительная обработка данных от датчиков технологического процесса, состояния технологического оборудования и исполнительных механизмов;

- автоматическое (по запрограммированным алгоритмам) и дистанционное (по командам с панели оператора) управление работой оборудования и технологическими группами оборудования с сохранением контроля за безопасностью процесса.

АСУ ТП установки весового дозирования выполняет следующие функции:

- дозирование в автоматическом режиме, с целью постоянной подачи смеси на следующий этап технологического процесса;

- управление всеми узлами в ручном режиме для наладки;

- запись и хранение рецептов.

- автоматизированный пуск и остановку процессов подачи, дозирования, смешивания сырья и отпуска готовой продукции;

- оперативное отображение информации о технологическом процессе и контроль за ходом технологического процесса, состоянием оборудования, дозированием и смешиванием;

- получение информации по рецептуре смеси, о работе системы, мониторинг данных о работе смесительной установки, ведение архива, распечатка информации из архива;

Состав АСУ ТП:

- автоматизированное рабочее место оператора (арм оператора);

- пульт управления;

- прикладное программное обеспечение;

- комплект датчиков и тензометрических весоизмерительных электронных устройств;

- дозатор компонентов.

3.1 Разработка структурной и функциональной схем АС

Проводятся измерения: уровня, веса, так же необходимо проводить пуск ленточных конвейеров.

Трехуровневая структура АС построенная по трёхуровневому иерархическому принципу, приведена на рисунке 3.1.

Нижний (полевой) уровень системы, состоит из распределённых первичных устройств автоматизации:

- датчик уровня;
- тензодатчик;
- весовой контроллер;
- исполнительный механизм.

На данном уровне должны выполняться следующие функции АС:

- сбор и передача сигналов аварийной сигнализации, состояния и положения дозаторов;
- измерение параметров технологического процесса (верхний и нижний уровень загрузки материала и его вес).

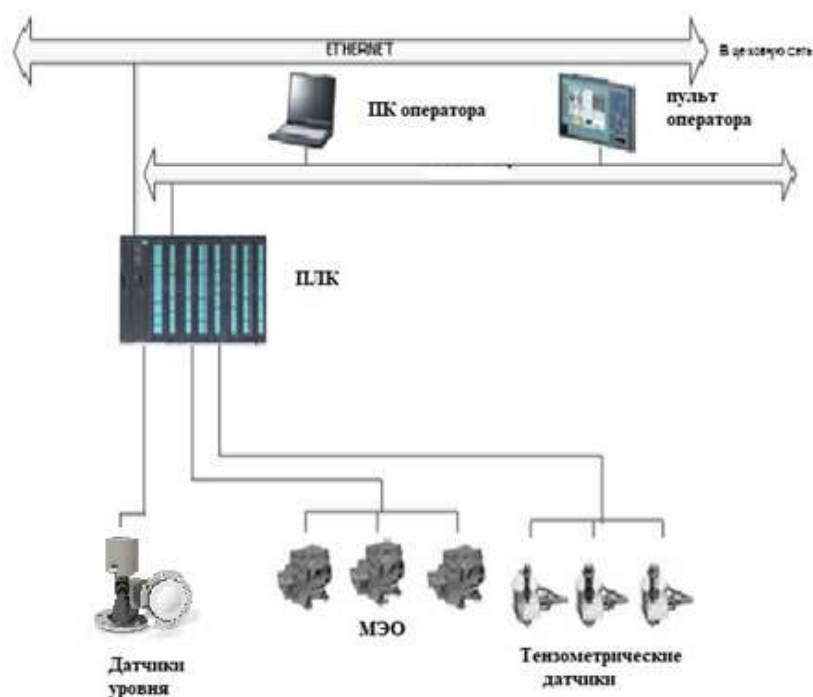


Рисунок 3.1 – Трехуровневая система АС

Средний (контроллерный) уровень представлен коммуникационными интерфейсами и локальным контроллером (ПЛК).

ПЛК должен выполнять следующие функции:

- сбор, первичная обработка и хранение информации о параметрах технологического процесса;
- автоматическое логическое управление и регулирование, а также обмен информацией с пунктами управления АРМ.

Верхний (информационно – вычислительный) уровень представляет из себя локальную сеть, которая объединяет между собой персональные компьютеры и сервер базы данных. Компьютеры диспетчера и операторов оснащены операционными системами (ОС) Windows 8 и программным обеспечением SCADA Simplight.

На верхнем уровне выполняются следующие задачи:

- сбор и обработка (в том числе масштабирование) данных с локальных контроллеров;
- синхронизация всех подсистем за счёт поддержания единого времени в системе;
- формирование технологической базы данных (бд);
- формирование отчётной документации, протоколов событий;
- отображение интерфейса непосредственного взаимодействия оператора с АСУ;
- формирование отчетной документации.

Функциональная схема автоматизации представляет собой технический документ, разработанный согласно [8], [7], в котором определена функционально – блочная структура отдельных узлов автоматического регулирования технологического процесса. На функциональной схеме в виде условных изображений показаны все системы автоматического контроля, регулирования, дистанционного управления, сигнализации разрабатываемой системы. Также на ней, при

помощи линий функциональной связи, отображены каналы взаимодействия между элементами систем управления.

Разработка функциональной схемы автоматизации ТП позволяет решить задачи:

- получения первичной информации о состоянии ТП и оборудования;
- непосредственного воздействия на ТП для управления им и стабилизации технологических параметров процесса;
- контроля и регистрации технологических параметров процессов и состояния технологического оборудования.

Функциональная схема автоматизации выполнена согласно требованиям ГОСТ 21.404–13 и приведена в Приложении Г.

Описание функциональной схемы автоматизации:

- LSA 1.1 – Прибор для измерения уровня с контактным устройством, установленный по месту. Реле уровня, используемое для блокировки и сигнализации верхнего уровня;
- BSHH 1.2 Прибор для контроля верхнего уровня бесшкальный с контактным устройством, установленный на щите (вторичный прибор реле уровня; применение резервной буквы В);
- WE – Первичный измерительный преобразователь для измерения массы, установленный по месту;
- WT – Прибор для измерения массы бесшкальный с дистанционной передачей показаний, установленный по месту;
- WIRCA 1.3 – Прибор для измерения массы продукта показывающий, регистрирующий, регулирующий с контактным устройством, установленный на щите (устройство электронно - тензометрическое);
- NY – преобразователь частоты, установленный в щите;
- М – двигатель шнекового конвейера;

- HS – ключ управления, предназначенный для управления клапаном, установленный на щите;
- GE 1.2 Концевой выключатель клапана (положение открыт);
- GE 1.3 Концевой выключатель клапана (положение закрыт).

3.2 Разработка схемы информационных потоков

Схема информационных потоков включает в себя три уровня сбора и хранения информации:

- нижний уровень (уровень сбора и обработки);
- средний уровень (уровень текущего хранения);
- верхний уровень (уровень архивного хранения).

На нижнем уровне представляются данные физических устройств ввода/вывода. Они включают в себя данные аналоговых сигналов и дискретных сигналов, данные о вычислении и преобразовании.

Средний уровень представляет собой буферную базу данных, которая является как приемником, запрашивающим данные от внешних систем, так и их источником. Другими словами, она выполняет роль маршрутизатора информационных потоков от систем автоматики и телемеханики к графическим экранным формам АРМ–приложений. На этом уровне из полученных данных ПЛК формирует пакетные потоки информации. Сигналы между контроллерами и между контроллером верхнего уровня и АРМ оператора передаются по протоколу Ethernet.

Ниже представлены параметры, которые передаются в локальную вычислительную сеть:

- верхний уровень загрузки;
- нижний уровень загрузки;
- сигнализация отказа регулятора;
- перегруз;
- вес дозируемого компонента.

Каждый элемент контроля и управления имеет свой идентификатор (ТЕГ), состоящий из символьной строки. Структура шифра имеет следующий вид:

AAA_BBB_CCCC_DDDDD,

где

- AAA – параметр, 3 символа, может принимать следующие значения:
 - VAV – масса нетто;
 - UPR – управляющий сигнал;
 - SKR – скорость;
- BBB – код технологического аппарата (или объекта), 3 символа:
 - DOZ – дозатор;
 - L11 – ленточный конвейер L–1/1;
 - K02 – регулятор уровня;
- DDDDD – примечание, не более 5 символов:
 - REG – регулирование;
 - AVARH – верхняя аварийная сигнализация;
 - PREDH – верхняя предупредительная сигнализация;
 - PREDL – нижняя предупредительная сигнализация.

Знак подчеркивания _ в данном представлении является разделителем частей идентификатора.

3.3 Выбор средств реализации

Для реализации проекта АС необходимо выбрать программно – технические средства, также проанализировать их совместимость.

Программно–технические средства АС включают в себя: измерительные и исполнительные устройства, контроллерное оборудование, а также системы сигнализации.

Сбором информации о технологическом процессе занимаются измерительные устройства, а исполнительные устройства преобразуют электрическую энергию в механическую или иную физическую величину для осуществления воздействия на объект управления в соответствии с выбранным алгоритмом управления. Контроллерное оборудование осуществляет выполнение задач вычисления и логических операций.

3.3.1 Микроконтроллер

- ПЛК фирмы SIEMENS. Линейка нижнего уровня ПЛК представлена логическими контроллерами LOGO. Идеально подходят для создания средств простейшей автоматизации и замены всяких таймеров, реле времени и т. д. Более того, предусмотрено расширение за счет различных модулей SIEMENS S7-300, SIEMENS S7-400 [9].

- ПЛК фирмы Omron. ПЛК могут быть блочного и модульного типа. По техническим возможностям, которые определяют уровень решаемых задач. ПЛК фирмы OMRON делятся на четыре класса.

Программируемое реле серии ZEN производства OMRON позволяет из ограниченного набора встроенных функциональных блоков построить систему автоматизации достаточно сложных объектов [10].

- ПЛК фирмы Mitsubishi. ПЛК Mitsubishi Electric отличаются исключительно высоким качеством, вариативностью и гибкостью решений, широким спектром возможностей применения и высоким быстродействием [11].

- ПЛК фирмы TREI – 50. Контроллер TREI – 50 предназначен для управления промышленным оборудованием и технологическими процессами. Контроллер TREI – 50 состоит из одного основного блока, или одного основного и одного, двух или трех блоков расширения [12].

- Промышленные контроллеры ОВЕН ПЛК – это высокие программная надежность и производительность, большой объем внутренней памяти [13].

○ Delta Electronics. Программируемые логические контроллеры серии DVP производства DeltaElectronics являются идеальным средством для построения высокоэффективных систем автоматического управления при минимальных затратах на приобретение оборудования и разработку системы [14].

Сравнительная характеристика описанных выше производителей контроллеров представлена в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Сравнительная характеристика производителей контроллеров

Наименование	Частота (быстродействие)	Объём памяти	Число входов и выходов	Стоимость	Производитель
1	2	3	4	5	6
Siemens	До 25 МГц	До 2х Мбайт	24 входа и 16 выходов	26349 руб.	Германия
Omron	До 100 МГц	До 48 Мбайт	24 входа и 20 выходов	33028 руб.	Япония
Mitsubishi	До 20 МГц	1 Гбайт	64 входа и 64 выхода	24592 руб.	Япония
TREI – 50	До 50 МГц	8196 Мбайт	До 2048	18371 руб.	Россия
Oven	100 – 500 МГц	До 8 Мбайт	8 входов и 16 выходов	30210 руб.	Россия
Delta Electronics	133 – 200 МГц	128 Мбайт	До 256 выходов и выходов	15750 руб.	Россия

Для решения данной задачи было выбрано контроллерное оборудование Российского производителя TREI, контроллер TREI–5B–05 как на рисунке 3.2. Выбор основан на том, что рассмотренные аналоги дороже по техническому вводу в эксплуатацию, для малых задач автоматизации, достаточно использовать выбранный нами контроллер, он полностью удовлетворяет заданному техническому заданию.



Рисунок 3.2 – ПЛК TREI-5B-05

Устройства программного управления серий TREI-5B-04 и TREI-5B-05 предназначены для локальных и распределенных систем автоматического контроля и управления технологическими процессами в ответственных системах на промышленных предприятиях с нормальным и взрывоопасным производством, а также для построения систем противоаварийных блокировок и защит.

TREI-5B-05 – единственные российские контроллеры, получившие TUV сертификат на соответствие европейским нормам для применения на взрывоопасных производствах.

Особенности контроллера:

- монтаж на стандартную DIN-рейку;
- гибкая структура контроллера;
- простая интеграция в качестве модулей расширения и интеллектуальных УСО в системы на базе контроллеров TREI-5B-04;
- развитая система диагностики и сервиса;
- полная библиотека алгоритмов управления и регулирования;
- питание от 24 В;
- возможность питания от двух независимых шин (резервирование питания непосредственно в модулях);
- параллельная шина PT-BUS, позволяющая наращивать число каналов ввода/вывода для модулей M900;
- большая номенклатура интерфейсов связи в том числе: Ethernet 10/100, Bluetooth, MODBUS;
- последовательный обмен с удаленными модулями УСО, с возможностью дублирования, скорость до 2,5 Мбод;

–непосредственное подключение каналов ввода–вывода, в том числе и 220 АС;

–поддержка до 6000 физических каналов ввода – вывода;

–температура окружающей среды от минус 60 до 60 °С.

Технические характеристики TREI–5B–05 приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Технические характеристики TREI–5B–05

Наименование параметра	Значение
1	2
Номинальное напряжение питания	24VDC
Допустимые отклонения напряжения питания	16–28 VDC
Наработка на отказ	150 000 часов
Электрическая прочность изоляции относительно цепей питания, В:	
– для цепей каналов ввода/вывода	до 1500
– для цепей шин ST–BUSM и RS–485, не менее	1000
Напряжение питания, В	
– номинальное	24
Наработка на отказ, часов, не менее	150 000
Степень защиты оболочки (по ГОСТ 14254)	IP20
– опционально	от минус 60 до 60
Уровень и вид взрывозащиты (при использовании барьеров TREI–B700)	[Exia] ПС
Степень защиты оболочки	IP20
Количество каналов ввода/вывода	до 6000
Количество модулей ввода/вывода:	до 255
– W900, подключаемых к интеллектуальному модулю по шине PT–BUS	
Flash– диск	
– M902E	от 32 Мб до 2 ГГб
Шина ST–BUSM	RS–485

Продолжение Таблицы 3.2

Наименование параметра	Значение
1	2
	полный дуплекс/ полудуплекс/ полудуплекс с дублированием
Скорость обмена по шине ST-BUSM, кбит/с	2,4/ 9,6/ 19,2/ 115/ 250/ 625/ 1250/ 2500
Максимальная длина шины ST-BUSM без повторителей, м	1200
Индикация входов/выходов по каждому каналу	есть
Встроенные энергонезависимые часы реального времени (RTC)	есть
Каналы связи с внешними устройствами	RS-232, RS-485, Ethernet,

Модуль M941A как на рисунке 3.3 предназначен для обмена данными по HART протоколу с приборами низовой автоматики (преобразователями информации, датчиками, исполнительными устройствами и т.п.) и для аналогового ввода тока (4 – 20) мА.



Рисунок 3.3 – Модуль M941A

Модуль M941A обеспечивает ввод сигнала (4 – 20) мА по 2-х проводной линии от токового датчика (активного или пассивного), а также двусторонний цифровой обмен данными по той же линии в соответствии со спецификацией HART. Модуль позволяет подключать интеллектуальные датчики и исполнительные устройства с HART

протоколом в стандарте Bell–202, а также датчики, использующие токовую петлю (4 – 20) мА и не поддерживающие HART протокол.

Модуль имеет возможность подключения к одной линии нескольких HART устройств, что позволяет сократить расходы на кабельную продукцию, установку, наладку и на текущее техническое обслуживание.

Протокол HART удобен при работе с многопараметрическими приборами (например, расходомерами), т.к. позволяет получать информацию от одного HART датчика о нескольких переменных процессах (параметров) по одной паре проводов. Непрерывная самодиагностика датчиков с HART обеспечивает высокую надежность оборудования благодаря тому, что информация о состоянии HART датчика передается в каждом сообщении [12].

Технические характеристики модуля приведены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Технические характеристики модуля M941A

Наименование параметра	Значение
1	2
Количество каналов	16
Диапазон входного сигнала, мА	от 4 до 20
Пределы допускаемой погрешности:	
–основной приведенной, %	±0,1
–дополнительной приведенной температурной, %/10 °С	±0,1
Адресация модуля	8 битная
Тип внешнего интерфейса	ST–BUSM
Напряжение питания модуля, В номинальное допустимое отклонение	24 от 16 до 28
Индикация	по каждому каналу
Электрическая прочность изоляции цепей каналов аналогового ввода относительно цепей питания, В, не менее	1000
Потребляемая мощность, Вт, не более	1,8
Габаритные размеры модуля, мм	188x128x61

3.3.2 Дозатор

Общим требованием к дозирующим устройствам является подача в указанные промежутки времени строго определенного количества дозируемой продукции, для обеспечения заданных технологических процессов, с возможностью регулировки подачи ее независимо от давления в среде.

Бункерные весы представляют собой изделие, имеющее грузоприёмное устройство в виде определённой ёмкости (бункера). В него для взвешивания помещается жидкий, либо сыпучий продукт. Упомянутая выше ёмкость установлена на весоизмерительные тензодатчики. Датчиков может быть один и более. Порционными принято называть весы бункерные, которые, будучи встроенными в технологическую линию, используются для суммарного учёта взвешенного продукта и выполнения автоматического перевешивания. Весы бункерные, играющие роль автоматического весового дозатора, действующего в дискретном режиме, могут относиться к устройствам с переменной, либо постоянной массой дозы. В последнем случае это автоматические весы порционные, которые применяются при изготовлении материалов с постоянными рецептурами для целей учёта продукта путём его перевески.

К числу основных функций бункерных весов относятся:

- индикация, информирующая в реальном масштабе времени о текущей весовой загрузке их бункера с автоматическим сохранением в памяти весового контроллера (имеющей автономный источник питания) количества материала, взвешенного (пропущенного) за фиксированный временной промежуток (от часа до года);
- суммирование данного количества и учёт конечных и промежуточных результатов;

- при наличии встроенного хронометра весы бункерные способны вести учёт времени их работы;
- вывод на контроллер аварийной индикации и архивацию данного события в сохраняемой базе данных (формируется при возникновении угрозы переполнения ёмкости материалом, поступающим на взвешивание);
- автоматическое управление выполнением дозирования с использованием для указанных целей весового контроллера;
- использование ПК для управления имеющимися дополнительными исполнительными механизмами.

Все перечисленные выше операции можно осуществлять одновременно при учёте и/или дозировке материала. Современные бункерные весы функционируют, как правило, в автоматическом режиме. Поэтому они поставляются со встроенным ПО.

Исходя из схематичного изображения циклограммы завода представленного в приложении А, для блока загрузки минералов необходимо выбрать бункер – дозатор для дальнейшей подачи материала в сушильный барабан. Для выбора дозатора был проведен сравнительный анализ следующих дозаторов с помощью [15], [16], [17].

- ДВП – 30У
- ДВП 3У
- ДВП – 50У
- ДВП – 3УХ

Результаты сравнения были занесены в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – Сравнительный анализ дозаторов

№ п\п	Наименование	Характеристики	Страна производителя	Стоимость, руб
1	2	3	4	5
1	ДВП – 30У	Длина дозатора до 1500 мм Ширина ленты 840 мм Высота 970 мм Производительность до 6000 кг/ч Предел погрешности 0,15 %	Россия	1 100 000
2	ДВП 3У	Длина дозатора до 650 мм Ширина ленты 780 мм Высота 1300 мм Производительность до 1800 кг/ч Предел погрешности 0,5 %	Россия	Цена по запросу
3	ДВП – 50У	Длина дозатора до 1500 мм Ширина ленты 840 мм Высота 1300 мм Производительность до 7200 кг/ч Предел погрешности 0,1%	Россия	Цена по запросу
4	ДВП – 3УХ	Длина дозатора до 650 мм Ширина ленты 780 мм Высота 1300 мм Производительность до 1500 кг/ч Предел погрешности 0,1 %	Россия	От 545000

Из вышеперечисленных дозаторов для этой работы лучший вариант ДВП – 3У рисунок 3.4. Потому что его технические характеристики, представленные в таблице 1 удовлетворяют требования промышленности.



Рисунок 3.4 – Бункер – дозатор

Описание:

Дозатор предназначен для суммарного учета количества, а также поддержания заданного расхода порошкообразных продуктов. Программный счетчик суммарной массы сохраняет информацию при внезапном выключении электропитания и недоступен для изменения вручную.

Принцип действия дозатора состоит в точном взвешивании порции продукта и наращивании программного счетчика суммарной массы его технические характеристики приведены в таблице 3.5.

Принцип работы:

1. По началу цикла дозирования выбирается питатель, на выбранном питателе открывается шиберная задвижка, шнековый конвейер питателя начинает работу и продукт подается в грузоприемный ковшик. При достижении заданной массы, подача продукта прекращается. Производится точное взвешивание массы и полученное значение прибавляется к счетчику суммарной массы.

2. По команде разгрузки днище ковша открывается и происходит выгрузка сформированной дозы.

3. Команда разгрузки формируется от оператора, по команде от внешнего устройства или вырабатывается в таймере самого дозатора. В последнем случае обеспечивается заданная производительность (подача продукта в единицу времени).

Установка номинальной дозы, производительности и изменение других параметров дозирования осуществляется с пульта управления, на котором отображаются текущие значения параметров работы (масса дозы, суммарная масса доз).

Дозатор может применяться автономно или в составе различных технологических линий пищевых и химических производств [6].

Таблица 3.5 – Технические характеристики

Технические характеристики						
Производительность, кг/ч	Диапазон дозирования, кг	Погрешность дозирования, %	Объём бункера, л	Установленная мощность, кВт	Напряжение в сети, В	Частота, Гц
1800	2 – 3	0.5	100	1	220	50
Габаритные размеры и масса						
Занимаемая площадь, м ²		Длина дозатора, мм	Ширина дозатора, мм	Высота дозатора, мм	Масса, кг	
0,51		650	780	1300	285	

Метрологические характеристики, удобство использования и дополнительные возможности обусловлены применением современной промышленной техникой. Дозатор обладает отличным соотношением цена/качество.

Принцип работы тензодатчика

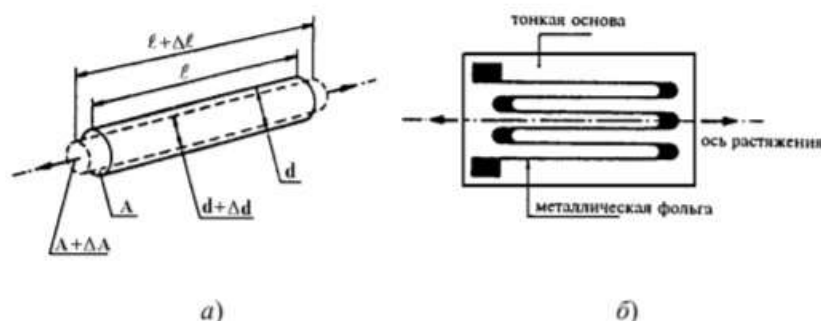
У некоторых материалов наблюдается эффект электрической поляризации, изменяющейся при любой механической деформации материала. Это явление называется пьезоэлектрическим эффектом, основаным на определении смещения (или перемещения) упругого элемента.

Факт, что электрическое сопротивление проводника зависит от размеров проводника. Сопротивление R является функцией площади поперечного сечения A проводника, его длины l и удельного сопротивления

$$\rho [6]: R = R(A, l, \rho), \quad (3.1)$$

где l – длина, R – радиус, A – поперечное сечение, ρ – перемещение.

Если проводник механически растягивается или сжимается, то его параметры A , l и ρ изменяются и, как следствие, меняется R . Это дает возможность измерять очень малые перемещения.



а – свободно висящая растягиваемая проволока; б – тензодатчик с металлической фольгой

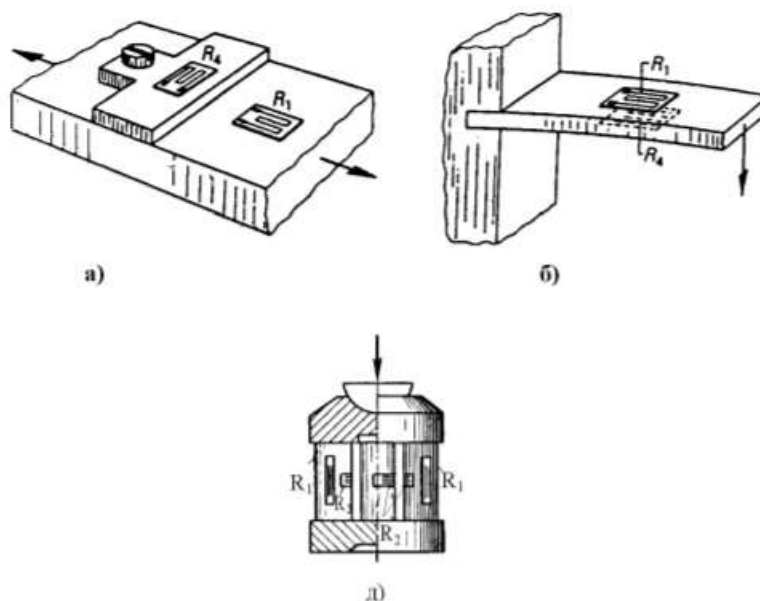
Рисунок 3.5 – Тензодатчики

На рисунке 3.5, а показан отрезок проволоки (тензодатчик), который удлиняется на величину Δl при прикладывании растягивающих усилий. Коэффициент чувствительности тензодатчика (1).

$$k = S_l^R = 2\mu + 1 + c \quad (3.2)$$

По конструктивному выполнению тензодатчики разделяют на наклеиваемые и неклеиваемые. Для измерения усилий наклеиваемые тензодатчики используются совместно с различного рода упругими элементами, основные конструктивные формы которых показаны на рисунке 3.6, а, б [18], [19]. Упругие элементы рисунок 3.6 д, г используются для измерения больших усилий. Для обеспечения равномерного распределения напряжения по сечению требуется, чтобы отношение высоты к поперечному размеру H и D было не менее 6, однако при этом мала механическая устойчивость. Чувствительным элементом этих датчиков является проволока из константана или других материалов, намотанная на изоляторы, укрепленные на взаимоперемещающихся деталях. Усилие, требуемое для растяжения пучка из n проволок длиной l на величину Δl , равно (2).

$$F = \frac{\pi d^2}{4} nE \frac{\Delta l}{l}, \quad (3.2)$$



а, б, д, г – Упругие элементы

Рисунок 3.6 – Упругие элементы

3.3.3 Датчик уровня

Для реализации задачи был выполнен сравнительный анализ уровнемеров, приведённый в таблице 3.6. Для решения этой задачи было решено выбирать среди радарных уровнемеров, поскольку данные приборы по своим техническим и конструктивным характеристикам отвечают современному техническому уровню, а также, они имеют ряд преимуществ:

- надёжная и устойчивая работа в самых сложных условиях эксплуатации;
- возможность работы на резервуарах любой формы и вместимости;
- универсальность;
- отсутствие движущихся частей, отсутствие контакта прибора с контролируемым продуктом;

- стабильные измерения, не зависящие от изменения температуры, давления, влажности окружающей среды и внутри объекта контроля;

- возможность конфигурации системы измерения уровня типа "датчики – контроллер" без вторичных приборов;

- имеется двухрупорное исполнение прибора, обладающее повышенной стабильностью работы в условиях интенсивных испарений и запыленности.

- Уровнемер радарный KRG – 10 надёжный, простой в эксплуатации уровнемер для измерения уровня до 30м. Измерение уровня основано на измерении времени прохождения микроволновых импульсов. Измеряемую величину преобразует в аналоговый сигнал [20].

- ВМ 70 А – устройство непрерывного и бесконтактного измерения уровня жидкостей, паст, суспензий, шламов, измельченных сыпучих материалов и сжиженных газов в металлических аппаратах и хранилищах, в бетонных бункерах даже в самых трудных условиях.

Микроволновое окно обладает улучшенным соотношением сигнал – помехи. Высокая чувствительность благодаря динамической характеристике 140 dB. Прибор имеет на выбор: токовые выходы $E_h - e$ или $E_h - i$ HART, релейный выход и цифровой выход RS 485 [21].

- Радарный уровнемер УР203Ех предназначен для бесконтактного измерения уровня сыпучих и жидких продуктов в том числе агрессивных и взрывоопасных в диапазоне 0,5 - 30 метров. Работает вне зависимости от изменений температуры и давления, в условиях, когда невозможно использование других методов [22].

Таблица 3.6 – Сравнительный анализ уровнемеров

Наименование	Производитель	Технические характеристики	Стоимость	Производитель
KRG – 10	Tokyo Keiki	1. Диапазон измерения 30 м; 2. Рабочая температура от минус 40 до 100°C; 3. Макс. рабочее давление 64 бар; 4. Точность измерения +/- 10 мм (1 – 3,3) м; +/- 0,5% (>3,3 м);	118000 руб.	Япония
BM 70 A	KROHNE Messtechnik	1. Диапазон измерения 40 м; 2. Рабочая температура от минус 40°C до 250°C; 3. Макс. рабочее давление 64 бар; 4. Точность измерения +/- 10 мм (1 – 3,3) м; +/- 0,3% (>3,3 м);	80000 руб.	Германия
УР203Ех	Ольвия	1. Диапазон измерения 40 м; 2. Рабочая температура от минус 40°C до 250°C; 3. Макс. рабочее давление 64 бар; 4. Точность измерения +/- 10 мм (1 – 3,3) м; +/- 0,3% (>3,3 м);	18371 руб.	Россия

Для решения данной задачи было выбран уровнемер Российского производителя Ольвия, радарный уровнемер УР203Ех как на рисунке 3.7. Выбор основан на том, что рассмотренные аналоги дороже по техническому вводу в эксплуатацию, имеет круговую поляризацию, и он полностью удовлетворяет заданному техническому заданию.



Рисунок 3.7 - Уровнемер

Принцип действия уровнемера основан на измерении разницы частот радиосигнала излученного радаром и отраженного от поверхности контролируемой среды. В результате обработки сигнала формируются цифровой (кодовый) и токовый выходные сигналы, пропорциональные текущему значению измеряемого уровня [22].

Технические характеристики уровнемера представлены в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Технические характеристики уровнемера

Наименование	Значение
Диапазон измерения	(0,5 — 30) м
Параметры контролируемой среды:	
Давление	До 1,6 МПа
Температура	От минус 40 до 50 °С
Напряжение питания постоянного или переменного тока	24 ± 2,4 В
Потребляемая мощность, В·А, не более	5
Выходные сигналы	
Цифровой	По стандарту RS 485 (протокол Modbus)
Токовый	(4 — 20) Ма

Продолжение таблицы 3.7

Наименование	Значение
Сопротивление нагрузки, не более	0,5
Длина кабельной линии связи для передачи выходных сигналов	До 1000 м
Пределы допускаемой основной погрешности	± 1 см
Параметры окружающего воздуха при эксплуатации:	
Температура	От - 40 до +50 °С
Относительная влажность	До 95 % (при 35 °С)
Степень защиты от пыли и воды, обеспечиваемая оболочкой	IP66
Взрывозащита:	
Вид	Взрывонепроницаемая оболочка
Маркировка	1exdiibt3
Показатели надежности	
Наработка на отказ, не менее	10^5 ч
Средний срок службы	14 лет

3.4 Схема внешних проводов

Схема внешних проводов приведена в приложении Е. Датчик расхода имеет встроенный преобразователь сигнала в унифицированный токовый сигнал (4 – 20) мА. Тензодатчик на дозаторе преобразует сигнал с пьезоэлемента в унифицированный токовый сигнал (4 – 20) мА.

В качестве кабеля выбран КВВГ_{нг}. Кабель конструктивно выполнен из медных жил, заключённых в изоляцию, а так же в оболочку из пластика. Электротехнический контрольный кабель КВВГ предназначен для присоединения к электроаппаратуре, электроприборам.

Состав кабеля:

- Мягкая проволока (жила);
- Изоляция (ПВХ пластикат);

- Поясная лента (лента ПЭТФ плёнки);
- Оболочка (ПВХ пластикат пониженной горючести).

Кабели применяют в качестве неподвижного соединения к электрическим приборам, аппаратам, сборкам зажимов электрических распределительных устройств с номинальным переменным напряжением до 600 В частоты до 100 Гц. При прокладке кабелей необходимо соблюдать требования ПУЭ и дополнительные для разделения цепей:

- цепи сигнализации и управления с напряжением 220 В переменного тока и 24 В постоянного тока необходимо прокладывать в разных кабелях;
- необходимо передавать аналоговые сигналы с помощью экранированных кабелей отдельно от цепей сигналов управления и сигнализации;
- сигналы управления и контроля для взаиморезервируемых механизмов, устройств должны подаваться в разных кабелях;
- цепи отдельных шлейфов пожарной сигнализации должны прокладываться в разных кабелях

3.5 Алгоритм управления автоматического регулирования

Наиболее простой закон регулирования дозирования - позиционный. При этом методе, на дозатор подается компонент до достижения заданного значения веса, после чего подача прекращается. Несмотря на это, шток продолжает движение продолжает подавать компонент в питатель, что приводит к снижению точности дозирования и перерасходу материала.

Таким образом, при позиционном законе регулирования возможны значительные колебания веса около заданного значения. Этот недостаток можно уменьшить или даже вовсе устранить, применяя пропорционально - интегрально - дифференциальный закон регулирования (ПИД закон).

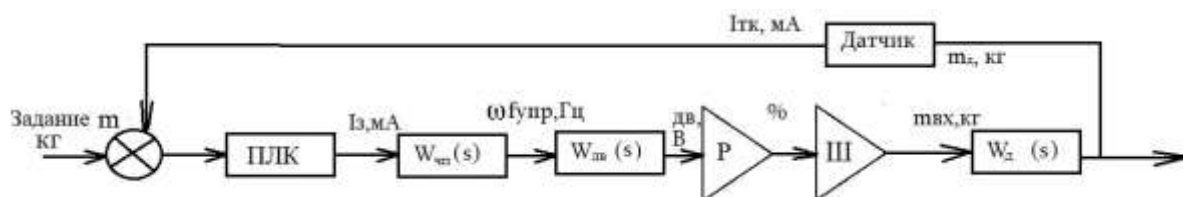
В системах дозирования любое перерегулирование переходного процесса является перевесом, что сказывается на точности дозирования, поэтому его необходимо исключить, применяя настройки с перерегулированием, равным нулю [23].

Для управления электропривода двигателя шнекового питателя применимо скалярное управление, которое позволит использовать общий преобразователь частоты для нескольких шнеков - дозаторов и не требует сложных настроек. С учетом особенностей технологического процесса и выбранных принципов управления можно сформулировать требования к электроприводу шнекового дозатора:

- режим работы: повторно - кратковременный;
- максимальная угловая скорость: $= 15,60 \text{ Рад/с}$;
- сигнал управления на входе электропривода: цифро - аналоговый;

Электропривод и все его элементы располагаются в помещении со следующими условиями: температура окружающей среды от минус 30 до 38 °С; относительная влажность не более 80 % (при температуре +25 °С); преобразователь устанавливается в шкафу. Требуемая степень защиты электродвигателя от внешних воздействий – IP65.

Структурная схема представлена на рисунке 3.8.



$W_{(чп)}$ – передаточная функция частотного преобразователя, $W_{(дв)}$ – передаточная функция двигателя, $W_{(г)}$ – передаточная функция объекта управления, P – редуктор, $Ш$ – шнек.

Рисунок 3.8 – Структурная схема электропривода с регулятором веса

Коэффициент шнека для электропривода шнека принимаем равным 1,25 согласно [24].

Таким образом, динамические свойства объекта регулирования веса, с достаточной для практических расчетов точностью могут быть представлены в виде передаточной функцией апериодического звена первого порядка:

$$W_d(s) = \frac{K_d}{T_d \cdot P + 1}, \quad (3.1)$$

где K_d – среднее значение веса поступающего на дозатор за час;

$$K_d = m = 1, \text{ кг}$$

Динамически изменяющаяся временная задержки падения материала в бункер дозатора при накоплении материала в бункере рассчитывается с учетом формулы 3.7 следующим образом:

$$t_{\text{ТЗ}} = \sqrt{\frac{2 \cdot h_{\text{СТ}}}{g}}, \quad (3.2)$$

$$h_{\text{СТ}} = h_0 + (h_6 - h_m), \quad (3.3)$$

где $h_{\text{СТ}}$ – высота падающего столба, h_m – высота сыпучего материала, h_6 – высота падения материала в бункер. Все составляющие формулы рассчитаны по формулам (3.5 – 3.9).

В случае, когда бункеры дозатора выполняются в виде куба, высота бункера определяется по формуле

$$k_6 = \sqrt[3]{V}, \quad (3.4)$$

где V – объём дозатора.

$$V = \frac{1}{3} \cdot c(d \cdot e + \sqrt{d \cdot e \cdot a \cdot b} + a \cdot b), \quad (3.5)$$

где a, b, c, d, e – стороны представленного на рисунке 3.9 бункера.

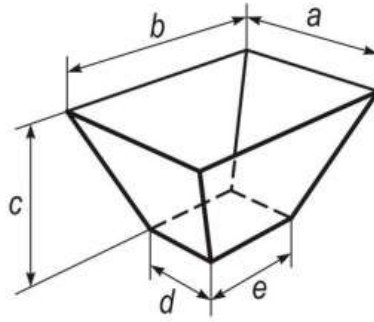


Рисунок 3.9 – Объём бункера

$$h_6 = \frac{V}{a \cdot b} + \frac{3 \cdot V}{(d \cdot e + \sqrt{d \cdot e \cdot a \cdot b} + a \cdot b)}, \quad (3.6)$$

$$h_m = \frac{m}{\gamma \cdot a \cdot b}, \quad (3.7)$$

где m – масса материала в бункере, γ – насыпной материал в бункере

$$m = \gamma \cdot V, \quad (3.8)$$

Принимаем малую некомпенсируемую постоянную контура веса равной величине транспортной задержки шнекового питателя, рассчитанная по формуле (3.2) для незаполненного бункера – дозатора экспериментальной установки $T_d = 0,33$ с.

Дифференциальное уравнение для асинхронного двигателя выглядит следующим образом (3.9).

$$T_{дв} \frac{d\omega}{dt} + \omega = k_{дв} \cdot f, \quad (3.9)$$

Исходя из технических характеристик двигателя, рассчитаем постоянную времени $T_{ов}$ и коэффициент передачи $k_{ов}$.

Постоянную времени примем равной $T_{ов} = 0,83$ с. Коэффициент передачи двигателя может быть определён как отношение номинальной угловой скорости вращения двигателя $\omega_{овн}$ к номинальной частоте питающей сети f_n . Будем считать, согласно документации на двигатель, что номинальная угловая скорость равна 277,5 рад/сек т.к. максимальная скорость 2650 об/мин, а номинальная частота электропитания 50 Гц.

$$k_{дв} = \frac{\omega_{дв}}{f_{н0}} = 5,55, \quad (3.10)$$

Таким образом, можно записать передаточную функцию двигателя (3.11)

$$W_{дв}(p) = \frac{k_{дв}}{T_{дв} \cdot s + 1}, \quad (3.12)$$

Подставим числовые значения и получим передаточную функцию двигателя:

$$W_{дв}(p) = \frac{5,55}{0,83 \cdot s + 1}$$

Объектом управления является участок топочной камеры после клапана. Передаточная функция объекта управления может быть описана апериодическим звеном первого порядка с чистым запаздыванием [4]:

Дифференциальное уравнение для частотного преобразователя выглядит следующим образом (3.6).

$$T_{чп} \frac{df}{dt} + f = k_{чп} \cdot I_3 \quad (3.6)$$

Далее, для составления передаточной функции частотного преобразователя, необходимо рассчитать коэффициент передачи и постоянную времени.

Коэффициент передачи частотного преобразователя есть отношение частоты на выходе преобразователя к задающему току с ПЛК на входе преобразователя.

Определив, что управление происходит током (4 – 20) мА, а частота изменяется в диапазоне (0 – 50) Гц, номинальной частоте $f_H=50$ Гц соответствует ток $I_H=20$ мА.

Постоянная времени преобразователя определяется по формуле (3.7).

$$T_{чп} = T_{\phi} + \frac{1}{2 \cdot m \cdot f_H}; \quad (3.7)$$

$$T_{чп} = 0,006,$$

где T_ϕ – постоянная времени контура системы импульсно – фазового управления (СИФУ) ПЧ, включая фильтр;
 m – число фаз ТПЧ.

Значение постоянной времени цепи СИФУ преобразователей обычно составляет (0,003 – 0,005) с, поэтому, при моделировании принято принимать значение T_ϕ из данного диапазона. Так как ПЧ реализует управление трёхфазным двигателем, то число фаз $m = 3$. Номинальное значение выходной частоты f_n составляет 50 Гц.

Передаточную функцию частотного преобразователя примет вид (3.8).

$$W_{\text{чп}}(p) = \frac{k_{\text{чп}}}{T_{\text{чп}} \cdot s + 1}, \quad (3.8)$$

Подставив числовые значения получим:

$$W_{\text{чп}}(p) = \frac{2,5}{0,006 \cdot s + 1}$$

Редуктор и датчик веса согласно [25] можно считать безынерционным звеном. Коэффициент передачи, необходимы для определения значения количества оборотов при номинальной скорости двигателя необходимых для полного открытия или закрытия задвижки выберем равный 0,02 с.

Настройка ПИД – регулятора возможна автоматически в среде моделирования.

Модель структурной схемы собранная в среде Simulink представлена на рисунке 3.10.

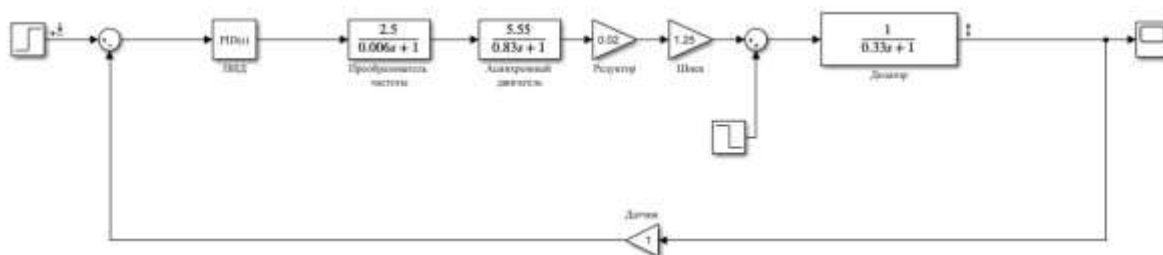


Рисунок 3.10 - Модель в Simulink

В системах дозирования любое перерегулирование переходного процесса является перевесом, что сказывается на точности дозирования, поэтому его необходимо исключить, применяя настройки с перерегулированием, равным нулю

В системе дозирования перерегулирование на графике переходного процесса является перевесов на реальном объекте, что влияет на точность дозируемого компонента, исходя из этого, принимаем значение перерегулирования за нулевое значение, с помощью функции автоматической настройки ПИД – регулятора. График полученного переходного процесса показан на рисунке 3.11.

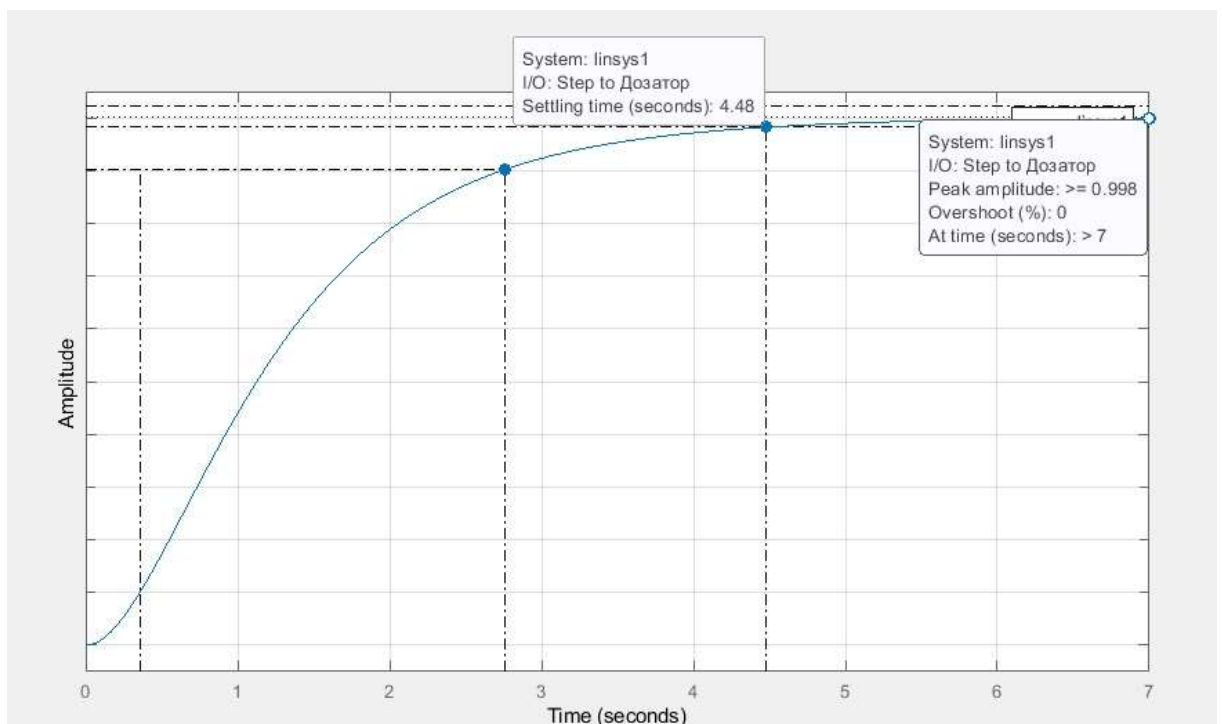


Рисунок 3.11 –Переходный процесса

На графике видим, что перерегулирование отсутствует, время переходного процесса 4,48 с. Исходя из этого, можно сделать вывод, что систему можно использовать на реальном объекте.

3.6 Разработка дерева экранных форм

SCADA - система управления технологическим процессом дозирования и смешивания компонентов минеральных добавок с использованием разработанного алгоритма, предназначена для автоматического управления и визуализации параметров технологического процесса дозирования сыпучих материалов с рабочего места оператора на персональном компьютере.

Система может работать как в автоматическом, так и в ручном режиме с помощью оператора. SCADA система позволяет задавать исходные данные в программе микроконтроллера такие как: заданный вес материала, минимальная и максимальная частота преобразователя, коэффициент регулятора веса. Текущий вес, поступающий с датчиков веса отображается в SCADA системе в виде числового значения, как показано в приложении А.

На схеме расположены:

- мнемознак бункера – дозатора;
- шнековые питатели необходимых компонентов для дозирования;
- окна для отображения веса и уровня дозируемого компонента;
- панель пульта автоматического управления (кнопки пуск, сбросить и тд.);
- панель для ввода рецепта для автоматического дозирования.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Цель раздела – комплексное описание и анализ финансово - экономических аспектов выполненной работы. Необходимо дать оценку денежным затратам, которые пошли на выполнения проекта, а также дать хотя бы приближенную экономическую оценку результатов внедрения данного проекта.

4.1 Организация и планирование работ

При организации процесса реализации данного проекта необходимо рационально планировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ.

Составим полный перечень проводимых работ, определим их исполнителей и рациональную продолжительность.

Таблица 4.1 Перечень работ и продолжительность их выполнения.

Этапы работ	Исполнители	Загрузка исполнителей
1	2	3
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100%
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	НР – 100% И – 10%
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 30% И – 100%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100% И – 10%
Обсуждение литературы	НР, И	НР – 30% И – 100%
Выбор структурной схемы устройства	НР, И	НР – 100% И – 70%
Выбор принципиальной схемы устройства	НР, И	НР – 100% И – 80%
Расчет принципиальной схемы устройства	И	И – 100%

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3
Оформление пояснительной записки	И	И – 100%
Оформление графического материала	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 60% И – 100%

4.1.1 Продолжительность этапов работ

Экспертный способ расчета продолжительности этапов работ предполагает генерацию необходимых количественных оценок специалистами конкретной предметной области, опирающимися на их профессиональный опыт и эрудицию. Для определения вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ $t_{ож}$ применяется по усмотрению исполнителя одна из двух формул. Выбираем первую формулу, т.к. вторая формула предполагает большую нагрузку на экспертов.

$$t_{ож} = \frac{3*t_{min} + 2*t_{max}}{5}, \quad (4.1)$$

где t_{min} – минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{max} – максимальная продолжительность работы, дн.

Для выполнения перечисленных в таблице 4.1 работ требуются специалисты:

- инженер – в его роли действующий исполнитель вкр;
- научный руководитель.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ($T_{рД}$) ведется по формуле:

$$T_{рД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} * K_{Д}, \quad (4.2)$$

где $t_{\text{ож}}$ – продолжительность работы, дн.;

$K_{\text{ВН}}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, в частности, возможно $K_{\text{ВН}} = 1$;

$K_{\text{Д}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ($K_{\text{Д}} = 1 - 1,2$; в этих границах конкретное значение принимает сам исполнитель).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{\text{КД}} = T_{\text{РД}} * T_{\text{К}}, \quad (4.3)$$

где $T_{\text{КД}}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{\text{К}}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле:

$$T_{\text{К}} = \frac{T_{\text{КАЛ}}}{T_{\text{КАЛ}} - T_{\text{ВД}} - T_{\text{ПД}}}, \quad (4.4)$$

где $T_{\text{КАЛ}}$ – календарные дни (в 2020 году $T_{\text{КАЛ}} = 366$);

$T_{\text{ВД}}$ – выходные дни ($T_{\text{ВД}} = 109$);

$T_{\text{ПД}}$ – праздничные дни ($T_{\text{ПД}} = 14$).

$$T_{\text{К}} = \frac{366}{366 - 96 - 14} = 1,43 \quad (4.5)$$

В таблице 4.2 определена продолжительность этапов работ и их трудоемкости по исполнителям, занятым на каждом этапе. В столбцах 3 - 5 реализован экспертный способ по формуле (4.1).

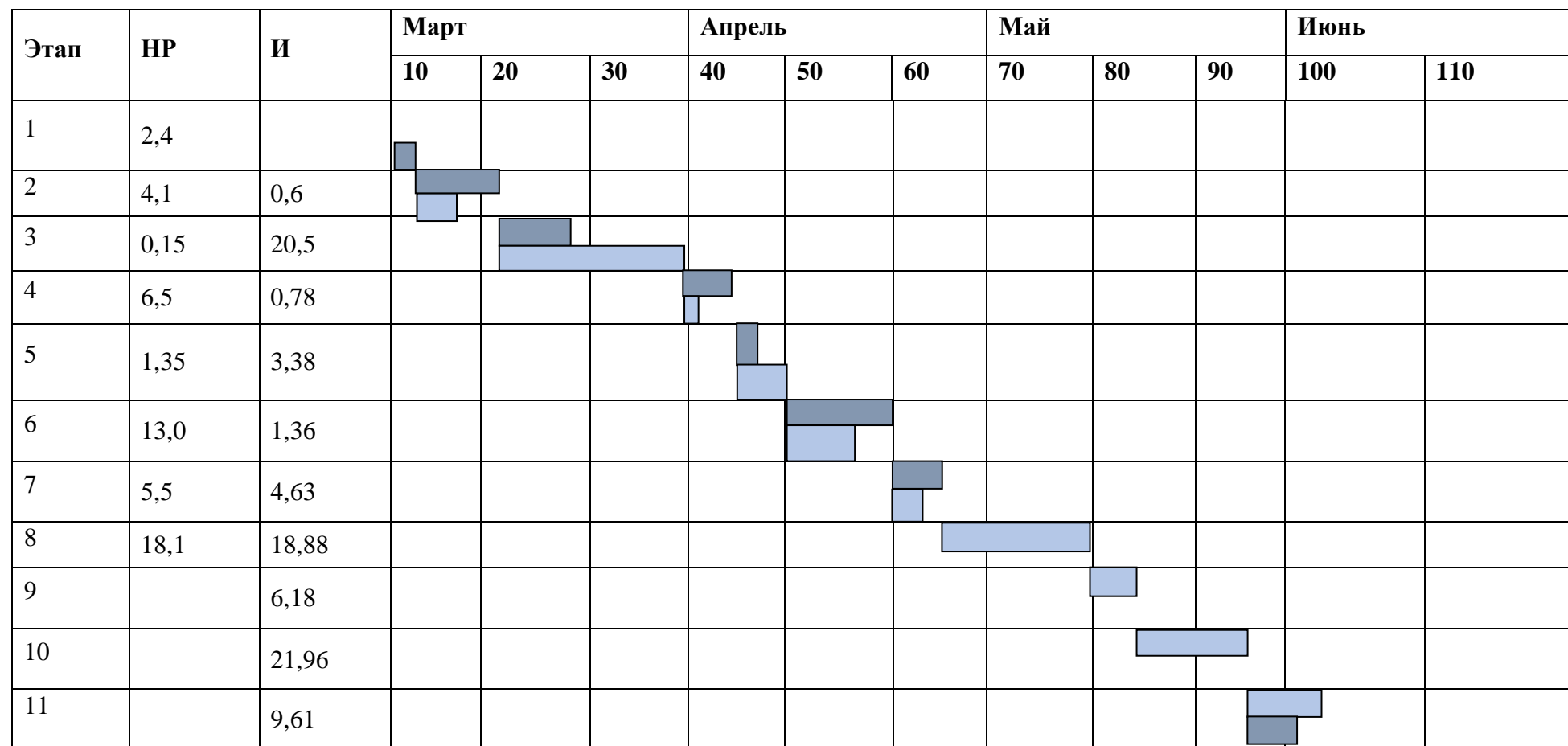
Столбцы 6 и 7 содержат величины трудоемкости этапа для каждого из двух участников проекта (научный руководитель и инженер) с учетом коэффициента $K_{\text{Д}} = 1,2$. Каждое из них в отдельности не может превышать соответствующие значения $t_{\text{ож}} * K_{\text{Д}}$. Столбцы 8 и 9 содержат те же трудоемкости, выраженные в календарных днях путем дополнительного умножения на $T_{\text{К}}$ (здесь оно равно 1,43). Итог по столбцу 5 дает общую ожидаемую продолжительность работы над проектом в

рабочих днях, итоги по столбцам 6 и 7 – общие трудоемкости для каждого из участников проекта. Две последних величины далее будут использованы для определения затрат на оплату труда участников и прочие затраты. Они же позволяют построить линейный график осуществления проекта.

Таблица 4.2 Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел. - дн.			
					Т _{рд}		Т _{кд}	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Постановка задачи	НР	1	2	1,4	1,68		2,4	
Разработка и утверждение технического задания (ТЗ)	НР, И	2	3	2,4	2,88	0,42	4,1	0,6
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	10	15	12	0,11	14,4	0,15	20,5
Разработка календарного плана	НР, И	3	5	3,8	4,56	0,55	6,5	0,78
Обсуждение литературы	НР, И	1	4	2,2	0,95	2,64	1,35	3,38
Выбор структурной схемы устройства	НР, И	6	10	7,6	9,12	0,95	13,0	1,36
Выбор принципиальной схемы устройства	НР, И	2	5	3,2	3,84	3,24	5,5	4,63
Расчет принципиальной схемы устройства	И	9	14	11	12,72	13,2	18,1	18,88
Оформление расчетно - пояснительной записки	И	2	6	3,6		4,32		6,18
Оформление графического материала	И	10	17	12,8		15,36		21,96
Подведение итогов	НР, И	4	8	5,6		6,72		9,61
Итого:				65,6	34,91	61,8	51,1	87,88

Таблица 4.3 Линейный график работ



4.1 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электричество (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- командировочные расходы;
- оплата услуг связи;
- арендная плата за пользования имуществом;
- прочие услуги (сторонних организаций);
- прочие (накладные) расходы.

4.1.2 Расчет затрат на материалы

Таблица 4.4 Расчет затрат на материалы, специальное оборудование и ПО

Наименование материалов	Цена за ед., руб	Кол - во	Сумма, руб
Тетрадь 96 листов	78	1 шт.	78
Ручка	29	2 шт.	58
Бумага для принтера Svetokopy	290	2 уп.	580
Катридж черный	1 490	1 шт.	1490
Бункер – дозатор	1 200 000	1 шт.	1200000
Итого:			1202206

Допустим, что ТЗР составляют 5% от отпускной цены материалов, тогда расходы на материалы с учетом ТЗР равны $C_{\text{мат}} = 1202206 * 1,05 = 1262316$ руб.

4.1.3 Расчет заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера (в его роли выступает исполнитель проекта), а также премии, входящие в фонд заработной платы.

Среднедневная тарифная заработная плата ($ЗП_{\text{дн-т}}$) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = M0/19,6, \quad (4.6)$$

учитывающей, что в году 256 рабочих дней и, следовательно, в месяце в среднем 19,6 рабочих дня (при пятидневной рабочей неделе).

Таблица 4.5 Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	33 664	1717,55	35	1,62	97385,09
И	15 470	789,28	62	1,62	79275,85
Итого:					176660,93

4.1.4 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30% от полной заработной платы по проекту, т.е. $C_{\text{соц.}} = C_{\text{зп}} * 0,3$.
Получается, что $C_{\text{соц.}} = 176660 * 0,3 = 52998,3$ руб.

4.1.5 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} * t_{\text{об}} * Ц_{\text{э}}, \quad (4.7)$$

где $P_{об}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$\Pi_э$ – тариф на 1 кВт*час;

$t_{об}$ – время работы оборудования, час.

Для ТПУ $\Pi_э = 6,59$ руб/кВт*час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 4.2 для инженера ($T_{рД}$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часам.

$$t_{об} = T_{рД} * K_t, \quad (4.8)$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{рД}$, определяется исполнителем самостоятельно. В ряде случаев возможно определение $t_{об}$ путем прямого учета, особенно при ограниченном использовании соответствующего оборудования.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{об} = P_{ном.} * K_c, \quad (4.9)$$

где $P_{ном.}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_c \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $K_c = 1$.

Таблица 4.6 Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{об}$, час	Потребляемая мощность $P_{об}$, кВт	Затраты $\mathcal{E}_{об}$, руб.
Персональный компьютер	496*0,5	0,1	163,43
Струйный принтер	10	0,015	1,77
Итого:			165,2

4.1.6 Расчет амортизационных расчетов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта. Будем использовать формулу:

$$C_{AM} = \frac{H_A * C_{OB} * t_{рф} * n}{F_d}, \quad (4.10)$$

где H_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

C_{OB} – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.д.;

F_d – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году. При этом второй вариант позволяет получить более объективную оценку C_{AM} ;

$t_{рф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Стоимость ПК 25400 руб., время использования 496 часа, тогда для него $C_{AM}(ПК) = \frac{0,4 * 25400 * 496 * 1}{2408} = 2092$ руб.

Стоимость принтера 22000 руб., его $F_d = 100$ час.; $H_A = 0,5$; $t_{рф} = 10$ час., тогда его $C_{AM}(Пр) = \frac{0,5 * 22000 * 10 * 1}{100} = 1100$ руб.

Итого начислено амортизации 3192 руб.

4.1.7 Расчет расходов, учитываемых непосредственно на основе платежных (расчетных) документов (кроме суточных)

Сюда относятся:

- арендная плата за пользование имуществом;
- оплата услуг связи;
- услуги сторонних организаций.

норма оплаты суточных – 100 руб./день.

- оплата интернет – провайдера – 1500 руб;
- оплата проезда в обе стороны – 3000 руб;
- оплата сотового оператора – 400 руб;
- консалтинговые услуги – 2500 руб.

Итого по данному пункту $C_{\text{НП}} = (60 - 1) * 100 + 1500 + 3000 + 400 + 2500 = 13300$ руб.

4.1.8 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{\text{проч.}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{ЗП}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{НП}}) * 0,1.$$

$$\begin{aligned} C_{\text{проч.}} &= (1262206 + 169198,8 + 52998,3 + 165,2 + 3192 + 13300) * 0,1 \\ &= 1501060 * 0,1 = 150106 \text{руб.} \end{aligned}$$

4.1.9 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта.

Таблица 4.7 Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	1262206
Основная заработная плата	$C_{\text{ЗП}}$	169198,8
Отчисление в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	52998,3
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.об.}}$	165,2
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	3192
Непосредственно учитываемые расходы	$C_{\text{нп}}$	13300
Прочие расходы	$C_{\text{проч.}}$	150106
Итого:		1651166

Таким образом, затраты на разработку составили $C=1651166$ руб.

4.1.10 Расчет прибыли

Прибыль примем в размере 20% от полной себестоимости проекта. В нашем случае прибыль составляет 330233,2 руб. (20%) от расходов на разработку проекта.

4.1.11 Расчет НДС

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это $(330233,2 + 1651166) \cdot 0,2 = 396279,8$ руб.

4.1.12 Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в нашем случае $C_{\text{НИР(КР)}} = 330233,2 + 1651166 + 396279,8 = 2377679,04$ руб.

4.2 Оценка экономической эффективности проекта

С целью повышения производительности труда за счет снижения трудоемкости изделия и сокращения численности рабочих на предприятии

произведена замена физически устаревшего оборудования на более технологичное и высокопроизводительное.

Расчет экономической эффективности, который показал, что внедрение приведет к снижению затрат времени на производство изделия. Предложенные изменения позволяют повысить конкурентоспособность данного вида продукции за счет снижения себестоимости и отпускной цены готового продукта.

5. Социальная ответственность

В настоящей работе объектом исследования является автоматизированная система регулирования подачи минералов в мельницу клинкерного помола на действующей Бухтарминской цементной компании расположенной на территории Республики Казахстан, восточно – казахстанская область, посёлок Октябрьский.

Микроклимат на производстве

В летнее время:

температура воздуха – 35°;

температура поверхностей 16°;

В зимнее время:

температура воздуха – 38°;

температура поверхностей – 8°;

Разработка системы автоматического регулирования дозирования была спроектирована, поскольку в режиме ручного управления есть несколько видов риска, отличающихся между собой по месту и времени возникновения:

- пожар на объекте;
- поддержание безопасного режима помола;
- перебои перегруз конвейера;
- напряжения при транспортировке;
- разгерметизация, взрыв;
- производственные аварии.

Разработанная система может применяться в системах контроля, управления и сбора данных на различных промышленных предприятиях. Данная система позволит увеличить производительность, повысить точность и надежность измерений, сократить число аварий.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.

Защита труда работников в тяжелых условиях соответствуют требованиям Трудового кодекса РФ. [27]

Для работников максимально допустимая продолжительность ежедневной смены не может превышать:

при 36 - часовой рабочей неделе - 8 часов;

при 30 - часовой рабочей неделе и менее - 6 часов.

Защита труда женщин на работах, представляющих опасность для их здоровья согласно требованиям [27]. Согласно этим требованиям есть нормы предельно допустимых нагрузок которые приведены в Таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Предельно допустимые нагрузки для женщин

Характер работы	Предельно допустимая масса груза
Подъём и перемещение тяжестей при чередовании с другой работой	10кг
Подъём и перемещение тяжестей постоянно в течении смены	7кг
Динамическая работа в течении каждого часа рабочей смены	
С рабочей поверхности:	875 кгм
С пола:	1750кгм

Неотъемлемой частью подготовки к работе и проверки знаний персонала является медицинский осмотр, производственное обучение и система инструктажей, которая включает в себя вводный, первичный, повторный, внеплановый и целевой инструктажи.

5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Эргономическим требованиям [28], [29] рабочее место оператора соответствует соответствию следующих характеристик:

- хорошо освещено;
- щит управления на расстоянии 1500 мм;
- ширина столешницы – 700 мм.
- ширина столешницы для записей — 300x400 мм;
- плоскость для обеспечения выполнения чертежно - графических работ — 450x650 мм;
- высота рабочей поверхности – 550 м;
- удобное расположение ПК и его устройств.

5.2 Анализ вредных и опасных факторов

От условий труда в большой степени зависят здоровье и работоспособность человека, его отношение к труду. Опасным считается производственный фактор, воздействие которого на работающего приводит к травме. Вредным считается производственный фактор, воздействие которого на работающего приводит к заболеванию.

На основе анализа видов работ выявим источники опасности, т.е. части производственных систем, производственного оборудования и элементы среды, формирующие эти опасности. Данные представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003 - 2015)	Этапы работ		Нормативные документы
	Проектирование	Эксплуатация	
1	2	3	4
1. Отклонение показателей микроклимата	+	+	1. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей. ГОСТ 12.2.007.0 – 75 [30]. 2. Газы горючие природные промышленного и коммунально - бытового назначения ГОСТ 5542 – 2014 [37]. 3. Шум на рабочих местах СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96 [38].
2. Превышение уровня шума		+	
3. Отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения	+	+	

Продолжение таблицы 5.2

1	2	3	4
4.Повышенная запылённость	+	+	<p>4. Защитное заземление, зануление. ГОСТ 12.1.030 – 81 [39].</p> <p>5. Утверждение типовых норм бесплатной выдачи специальной одежды. ПРИКАЗ от 09.12.2009г. №970 [40], [32].</p> <p>6. Средства защиты от статического электричества. ГОСТ 12.4.124 – 83 [41].</p> <p>7. ПБ 03 - 108 - 96 Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов [33].</p> <p>8. СН 2.2.4/2.1.8.566–96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий [42].</p> <p>9. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197 - ФЗ (ред. от 27.12.2018) ст. 253,119,118, 147, 117 [27].</p> <p>10. ГН 2.2.5.1313 - 03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны [31].</p>
5. Электрический ток	+	+	
6. Статическое электричество	+	+	
7. Пожароопасность	+	+	
8. Повышенная загазованность		+	
9. Вибрации	+	+	

Вредные факторы

Отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения

Его источником являются набор стандартных люминесцентных ламп. Недостаточное освещение влияет на функционирование зрительного аппарата, то есть определяет зрительную работоспособность, на психику человека, его эмоциональное состояние, вызывает усталость центральной нервной системы, возникающей в результате прилагаемых усилий для опознания четких или сомнительных сигналов. Для предотвращения возможных рисков необходимо рассчитывать необходимое количество ламп в соответствии с нормами [34]. Все установки, обеспечивающие освещение,

должны соответствовать нормативным требованиям. Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278–03, нормируемый показатель искусственного освещения в помещениях с ПЭВМ равен 300 лк.

Организация труда в течении смены должна обеспечивать:

- длительность рабочей смены не более 8 ч;
- ежегодные проверки освещённости рабочих мест.

Вибрация

Источником вибрации является мельница клинкерного помола. Сменный персонал, работая на площадке цементного производства подвергается риску вибрационной болезни [42].

Соблюдение установленного режима труда оператора должно соответствовать требованиям для локальной вибрации при показателе превышения вибрационной нагрузки на оператора – не менее 1 дБ.

Организация труда в течении смены должна обеспечивать:

- длительность рабочей смены не более 8 ч;
- установление 2 регламентированных перерывов;
- обеденный перерыв длительностью не менее 40 мин.

Производственный шум

Источниками шума являются электродвигатель мельницы. Рабочие подвергаются риску снижения слуха и концентрации на рабочем месте [38]. Соблюдение установленного режима труда оператора должно соответствовать требованиям для постоянного производственного шума при напряженных условиях работы – не более 80 Дб.

Для понижения уровня шума организация труда должна обеспечивать:

- наличием берушей, наушников и других средств индивидуальной защиты для ушей;
- использование фундамента, гасящего вибрацию;
- широкое использование различных защитных средств;

Повышенная температура и влажность

Печь для изготовления клинкера является основным источником изменения микроклимата и повышения температуры рабочего объекта. Температура топочных газов достигает 900 градусов. Длительное присутствие на объекте ухудшает самочувствие работника, повышая его температуру тела за короткое время, повышая при этом его утомляемость.

Для улучшения качеств микроклимата организация труда должна обеспечивать:

- наличием кулеров с охлаждённой водой;
- регулярное контролирование уровня микроклимата;
- снижение времени рабочего дня;
- регулирование приточной вентиляции;
- спецодеждой;

Повышенная запылённость

Мельница сырьевого помола является основным источником пыли на объекте. Соблюдение установленного режима труда оператора должно соответствовать среднесуточным требованиям ПДК пыли в воздухе – 0,15 мг/м³. Длительное пребывание работников в условиях запыленности воздуха рабочей зоны может привести к воспалительным процессам кожных покровов, интоксикации (отравлению) организма через органы пищеварения.

Для улучшения качеств микроклимата организация труда должна обеспечивать:

- сизы;
- регулярное контролирование уровня микроклимата;
- применение электрофильтров;
- подбор пылегазоулавливающего оборудования;

Загазованность

– Вращающая печь является основным источником газообразных выбросов на объекте. Соблюдение установленного режима труда [43], [44] оператора должно соответствовать среднесуточным требованиям ПДК газа в воздухе:

- аммиак – 20 мг/м³;
- ртуть – 0,01;
- CO₂ – 50000 ppm;
- CO – 20 мг/м³.

Их высокая концентрация приводит к развитию таких заболеваний, как бронхит, пневмония, бронхиальная астма, сердечная недостаточность, инсульт. Для улучшения качеств микроклимата организация труда должна обеспечивать:

- сизы;
- регулярное контролирование уровня микроклимата;
- применение электрофильтров;
- подбор пылегазоулавливающего оборудования;

Статическое электричество

Возможно появление электростатических зарядов на платах и приборах микроэлектронной техники в процессе их взаимного перемещения при монтаже схем, ремонте и настройке аппаратуры;

Электризация материалов часто препятствует нормальному ходу технологических процессов производства, а также создает дополнительную пожарную опасность вследствие искрообразования при разрядах при наличии в помещениях, резервуарах горючих паро - и газо - воздушных смесей.

Меры подавления статической электризации:

- заземление металлических частей производственного оборудования;

– увеличение поверхностной и объемной проводимости диэлектриков.

Опасные факторы:

Электрический ток

Электроустановки являются источником тока до 1000В. Удар током может вызвать сбой в работе нервной системы, например, беспорядочные сокращения мышц. Повторяющиеся удары могут вызвать невропатию. Острая электротравма может стать причиной асистолии. При поражении головы электрическим током возможна потеря сознания и смерть.

По способу защиты человека от поражения электрическим током Система управления регулирования разрядки парового котла отвечает требованиям, предъявляемым к изделиям 1 класса защиты по [39].

Безопасность составных частей системы в отношении изоляции токоведущих частей, блокировки защитному заземлению соответствует [30] и [38].

Безопасность работников осуществляется в следующих требованиях:

- изоляция токоведущих частей;
- выполнено защитное заземление;
- оболочки для предотвращения возможности случайного прикосновения к токоведущим, движущимся, нагревающимся частям изделия;
- блокировки для предотвращения ошибочных действий и операций;
- безопасное сверхнизкое напряжение - номинальное напряжение, которое не превышает 42 В между отдельными проводниками или между проводником и землей, при этом без нагрузки напряжение не превышает 50 В.

Обеспечение электробезопасности обслуживающего персонала предусмотрено согласно требованиям [39] в соответствии с Таблицей 5.3.

Таблица 5.3– Предельные напряжения прикосновения и токи

Род тока	U, В	I, мА
	Не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Пожароопасность и Взрывоопасность

Эти два опасных фактора являются самыми важными на производстве, источником их возникновения являются барабаны осушки и прочие источники возгорания. Пожар и взрыв это неконтролируемые процессы причиняющие опасный вред для жизни человека. Нормы пожароопасности указаны в [35].

Для понижения ЧС организация труда должна обеспечивать:

- СИЗы;
- автоматические устройства пожаротушения;
- автоматический контроль и регулирование за показателями взрывоопасности;
- все виды инструктажей для работников и руководителей.

5.2.2 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия опасных и вредных факторов

Тепловой фактор на рабочем объекте имеет очень высокие показатели. К выполнению измерений и обработке результатов допускаются опытные сотрудники – лица, имеющие среднее специальное или высшее техническое образование.

При работе с трубопроводами должны соблюдаться правила устройства и безопасности эксплуатации трубопроводов, работающих под давлением [33].

Система автоматического контроля и управления технологическими процессами обеспечивает:

Необходимый объём дистанционного контроля, управления и автоматизации объектов, позволяющий исключить необходимость постоянного нахождения обслуживающего персонала непосредственно у аппаратов и агрегатов;

Автоматическую аварийную защиту технологического оборудования при отклонении параметров работы от номинальных значений, что позволяет своевременно предупредить персонал о возможности возникновения аварийного режима работы.

Процессы, имеющие в своем составе технологические блоки I категории взрывоопасности, оснащены автоматическими системами управления на базе электронных средств контроля и автоматики которые обеспечивают:

- постоянный контроль за параметрами процесса и управление режимом;
- регистрацию срабатывания и контроль работоспособности средств противоаварийной защиты (паз);
- постоянный контроль за состоянием воздушной среды в пределах объекта;
- действие средств управления и паз, прекращающих развитие опасной ситуации.

Все средства контроля и измерения должны проходить метрологическую поверку в установленные сроки (не реже 1 раза в год) в соответствии с методиками, установленными Федеральной службой по техническому регулированию и метрологии (Госстандартом РФ).

Для обеспечения контроля уровня загазованности в помещениях и на наружных установках, где есть опасность поступления взрывоопасных паров в воздух рабочей зоны, предусмотрена система контроля загазованности:

- Газоанализатор ГАММА–100 предназначен для определения содержания кислорода в азоте;

Система контроля загазованности обеспечивает подачу светового и звукового сигналов:

- предупреждающая сигнализация при достижении значения первого порога нижнего концентрационного предела воспламенения;
- аварийная сигнализация при достижении значения второго порога нижнего концентрационного предела воспламенения.
- с внешней стороны помещений предусмотрена установка кнопочных постов управления для опробования системы оповещения о загазованности.
- система газовых детекторов входит в состав управления процессом с подключением к элементам управления включением аварийной вентиляции при достижении 1–го порога загазованности, аварийной остановки установок при достижении 2–го порога загазованности.

Освещенность в помещении лаборатории должна составлять 200 лк, согласно [34], [32].

5.3 Экологическая безопасность

5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Цементная промышленность является источником 5% выбросов в атмосферу углекислого газа в мире, выбросы происходят в процессе преобразования сырья при высоких температурах, 40 % выбросов являются результатом сжигания топлива при нагреве материала до нужной температуры. К образованию пыли смеси газа с пылью приводит то, что в процессе производства через атериал, который измельчён до пылеобразного сотсояни проходит обработанный горячий газ или воздух, при этом образовывается дисперсный газ и пыль. Топливом для цементных печей является уголь, покрышки, отходы.

В состав газообразных выделений от системы печей входят NO (ПДК 0,4 мг/м³), SO, CO (ПДК 5 мг/м³), аммиак, HCl (ПДК 5 мг/м³), и тяжелые металлы. Присутствует незначительное выделение газов HCl, HF, NH

При горении сера, присутствующая в органическом топливе, превращается в диоксид серы (ПДК м.р.=0,5 мг/м³), количество которого определяется сернистостью используемого топлива.

Выбросы, поступающие с предприятия, оказывают мощное техногенное воздействие на окружающие природные комплексы степной зоны, вызывая нарушения естественного развития биогеоценозов. Растения, являясь продуцентами, составляют основной уровень в пищевой цепи любого биоценоза. Накопление тяжелых металлов в растительных организмах приводит к их накоплению в пищевой цепи и может вызвать тяжелые заболевания человека и животных.

5.3.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды

Снижение объема вредных выбросов в атмосферу в первую очередь может быть обеспечено за счет сокращения количества и улучшения качества сжигаемого топлива.

Производству необходимо не только всё более совершенствовать оборудование, но и интенсифицировать демонтаж и реконструкцию устаревшего оборудования, доля которого в промышленном производстве страны с каждым годом увеличивается.

Минимизировать выбросы вредных веществ в атмосферу позволит также выполнение следующих мероприятий:

- установка узлов управления кранами АГНКС (входным, выходным и кранами редуцирования);
- использование высокоэффективных газоочистных систем;
- инструментальный контроль за содержанием загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в соответствии с графиком контроля. при

эксплуатации агнкс необходимо учесть мероприятия по уменьшению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при неблагоприятных метеорологических условиях;

- усиление контроля над точечным соблюдением технологического регламента эксплуатации объекта;

- усиление контроля работы кип и автоматики (с целью предотвращения аварийной ситуации).

Ряд отходов использовать непосредственно на предприятии: под засыпку территории (например, промышленный мусор, стружки, опилки, шлам нейтрализации, зола); сжигать совместно с углем в топках печей (отработанные масла, ветошь промасленная, макулатура, не принимаемая специализированными); сжигать в топках специальных печей (древесные отходы, макулатура, ветошь промасленная, шины); использовать на нужды населения (древесные отходы, макулатура, покрышки). Следует отметить, что сжигание отработанных масел, подлежащих регенерации, как метод их утилизации (в виде тепловой энергии) нельзя признать перспективным. Для снижения количества отработанных масел целесообразно предусматривать увеличение степени загрузки или мощности действующих регенеративных установок, или разработку новых технологий регенерации.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.4.1. Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

Чрезвычайная ситуация – это совокупность таких обстоятельств, которые сопровождаются разрушениями зданий, сооружений, материальных ценностей, поражения и гибелью людей.

К основным чрезвычайным ситуациям, возникающим на производстве, относятся производственные аварии.

Производственной аварией является всякое изменение в нормальной работе оборудования, которое создает угрозу бесперебойной работе по

заданному графику парового котла и создает опасность для обслуживающего персонала.

5.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС

Для обеспечения безопасного ведения технологического процесса предусмотрены следующие мероприятия:

- предусмотрено разделение технологической схемы на отдельные технологические блоки;
- светозвуковая сигнализация 1 и 2 порогов давления в операторной;
- в трубопроводы вмонтированы датчики давления для непрерывного дистанционного контроля предельно допустимых значений давления на объекте;
- технологический процесс ведется в герметичных аппаратах;
- производственный процесс автоматизирован;
- в трубопроводах, где возможно превышение технологического давления выше расчетного значения, предусматривается регулирование давления регулирующими клапанами и защита предохранительными клапанами;
- в случае перегрузки конвейеров предусмотрена система блокировки и остановки производства для последующей разгрузки.
- размещение сооружений, оборудования выполнено с учётом противопожарных разрывов в соответствии с действующими нормами;
- степень огнестойкости, сооружений и их элементов приняты в соответствии с действующими нормами и правилами;
- максимально применено блочное и блочно – комплектное оборудование заводского изготовления, как более надежное в эксплуатации;
- контроль и управление технологическим процессом производится из операторной;

- предусмотрены сигнализация и блокировки и при отклонении технологических параметров от регламентированных значений;
- технологическое оборудование установлено на металлических постаментов и на бетонных основаниях;
- применено насосное и другое оборудование с электродвигателями во взрывобезопасном исполнении согласно требованиям пуэ;
- максимально применено автоматизированное оборудование, не требующее постоянного присутствия обслуживающего персонала;

Вывод

В этой работе были рассмотрены опасные и вредные производственные факторы:

Вредные факторы: искусственное освещение, вибрация, производственный шум, повышенная температура, вибрация, повышенная загазованность и запылённость, статическое электричество.

Опасные факторы: работа под высоким давлением, электрический ток, пожароопасность, взрывоопасность.

На основе этого были предложены мероприятия по снижению вредных факторов:

Устройство новых и (или) модернизация имеющихся средств коллективной защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов.

Реализация мероприятий по улучшению условий труда, в том числе разработанных по результатам специальной оценки рабочих мест по условиям труда, и оценки уровней профессиональных рисков.

Внедрение систем автоматического контроля уровней опасных и вредных производственных факторов на рабочих местах.

Внедрение и (или) модернизация технических устройств, обеспечивающих защиту работников от поражения электрическим током.

Организация в установленном порядке обучения, инструктажа, проверки знаний по охране труда работников.

Обучение лиц, ответственных за эксплуатацию опасных производственных объектов.

Мероприятия по снижению экологической опасности:

- механизация работ при вторичной переработке отходов производства.

- механизация технологических операций (процессов), связанных с выбросом в атмосферу продуктов горения угля, установка золоуловителей.

- внедрение систем автоматического контроля уровней опасных и вредных производственных факторов на рабочих местах.

А так же был произведён анализ чрезвычайных ситуаций на объекте и были выбраны меры по предотвращению производственных аварий.

Заключение

В ходе выполнения дипломной работы были достигнуты следующие результаты:

1. Проведён анализ технологического процесса производства цемента и выбран объект управления в целях улучшения качества готовой продукции.
2. Разработаны функциональная и структурные схемы автоматизации с целью минимизирования непосредственного влияния обслуживающего персонала на процесс дозирования.
3. Прделана работа по анализу рынка российских и промышленных датчиков и устройств контроля.
4. Разработана схема автоматического регулирования с целью повышения точности дозирования и снижения риска перерегулирования.
5. Информационная связь оператора с объектом управления осуществляется посредством разработанной трёхуровневой схемы.
6. Составлена схема внешних проводок для непосредственного сбора и получения сигнала с выбранных приборов и средств автоматизации.
7. Разработана экранная форма с целью контроля над основными показаниями объекта загрузки минералов в цементную мельницу.

Таким образом, автоматический контроль дозирования снизил вероятность человеческой ошибки, минимизировано непосредственное влияние обслуживающего персонала на работу цементного производства.

Разработанный алгоритм регулирования технологических параметров обеспечили минимизацию расходов ресурсов: компонентов, электроэнергии, а также точное поддержание необходимых характеристик готового продукта.

Список литературы

1. Титов А.Р. – Характеристики БЦК, - Казахстан, 2000. – 25с.
2. Производство цемента [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://asia-business.ru/torg/technology/cement/cement_2340.html, свободный.
3. Борщев В.Я., Гусев Ю.И., Промтов М.А., Тимонин А.С. – Учебное пособие : оборудование для переработки сыпучих материалов.
4. С.В. Першина, А.В. Катылымов, В.Г. Однолько, В.Ф. Першин – Весовое дозирование зернистых материалов, Москва 2009 Машиностроение.
5. Информационно – технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 6 – 2015 «Производство цемента», – Москва: Изд-во Бюро ИНДТ, 2015. – 300с.
6. Агробаза [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.agrobase.ru/grain/machinery/machinery_95e1635d-04a0-443a-adc1-6b537c1c0a27, свободный.
7. ГОСТ 2.701 - 76 ЕСКД Схемы. Виды и типы. Общие требования.
8. Агейкин, Д.И. Датчики контроля и регулирования: Справочные материалы / Д.И. Агейкин, Е.Н. Костина, Н.Н. Кузнецова. – М. : Машиностроение, 1965. – 928 с.
9. Микроконтроллер “Siemens” [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://electrosiemens.ru/Section3_592.aspx (Дата обращения: 05.03.2020), свободный.
10. Микроконтроллер “Omron” [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rakurs.ru/brends/Omron/catalog/program-control/> (Дата обращения: 05.03.2020), свободный.
11. Микроконтроллер “Mitsubishi” [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://5sgroup.ru/list_products.php?class=10901&type=plc (Дата обращения 05.03.2020), свободный.
12. Микроконтроллер “TREI – 50” [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://insat.ru/products/?category=2144> (Дата обращения: 05.03.2020), свободный.

13. Микроконтроллер “Oven” режим доступа: [http://controlengrussia.com/innovatsii/oven - plk - rossiiskii-kontroller – mirovogo - urovnja/](http://controlengrussia.com/innovatsii/oven-plk-rossiiskii-kontroller-mirovogo-urovnja/) (Дата обращения: 05.03.2020)?свободный.
14. Микроконтроллер “Delta Electronics” [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.deltronics.ru/ product/controllers](http://www.deltronics.ru/product/controllers) (Дата обращения: 05.03.2020), свободный.
15. Дозатор "ГАММА" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tensom.ru/pages/21?id=113> Гамма–М, свободный.
16. Дозатор весовой ДВ – 500 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consit.ru/03obor_dozador_v_500.shtml свободный
17. Дозатор добавок [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consit.ru/03obor_dozador_do_4p.shtml, свободный
18. Тензорезисторный датчик Н4 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tensom.ru/pages/21?id=> , свободный.
19. Тензорезисторный датчик Т2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tensom.ru/pages/21?id=72>, свободный.
20. Уровнемер, Япония [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://eutest.ru/products/section/radarnie - urovnemeri](https://eutest.ru/products/section/radarnie-urovnemeri), свободный.
21. Уровнемер, Германия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://eutest.ru/products/section/radarnie - urovnemeri](https://eutest.ru/products/section/radarnie-urovnemeri), свободный.
22. Уровнемер, Россия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.geo - ndt.ru/pribor - 7232 - radarnii - urovnemer - yr203eh.htm](https://www.geo-ndt.ru/pribor-7232-radarnii-urovnemer-yr203eh.htm) , свободный.
23. Удут Л.С., Мальцева О.П., Кояин Н.В. Проектирование и исследование автоматизированных электроприводов. Ч. 1. Введение в технику регулирования линейных систем. Ч. 2. Оптимизация контура регулирования: учеб. пособие. – 2 - е изд., перераб. и доп. – Томск: Изд - во ТПУ, 2007. – 156 с.

24. Тураев Н. С. Расчёт шнекового питателя: Методические указания / Н.С. Тураев, И.Д. Брус, А.С. Кантаев – И.: Томский политехнический университет.
25. Громаков Е. И., Проектирование автоматизированных систем: учебное методическое пособие/ Е. И. Громаков; Томский Политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 131 с.
26. ВНТП 06 – 19 Ведомственные нормы технологического проектирования цементных заводов.
27. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30. 12.2001 N 197 – ФЗ (ред. от 27. 12.2018).
28. ГОСТ 12.2.032 - 78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
29. ГОСТ 23000 - 78. Система «человек - машина». Пульты управления. Общие эргономические требования.
30. ГОСТ 12.2.007.0–75 ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности (с Изменениями N 1, 2, 3, 4)
31. ГОСТ 12.1.007–76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности
32. ГОСТ 12.1.005–88 ССБТ. Общие санитарно – гигиенически требования к воздуху рабочей зоны
33. ПБ 03 - 108 - 96 Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов.
34. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение
35. СНиП 21–01–97*. Пожарная безопасность зданий и сооружений.
36. Временная инструкция по обслуживанию котлов КВГМ - 100.
37. ГОСТ 5542 - 2014. Газы горючие природные промышленного и коммунально - бытового назначения.
38. СН 2.2.4/2.1.8.562 - 96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки

39. ГОСТ 12.1.030 - 81. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление (с изменением №1)

40. Приказ Минздравсоцразвития России от 09.12.2009 № 970н (ред. от 20.02.2014) «Об утверждении Типовых норм бесплатной выдачи специальной индивидуальной защиты работникам нефтяной промышленности, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах одежды, специальной обуви и других средств, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением» (Зарегистрировано в Минюсте России 27.01.2010 № 16089)

41. ГОСТ 12.4.124 - 83. ССБТ. Средства защиты от статического электричества.

42. СН 2.2.4/2.1.8.566–96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.

43. ГН 2.2.5.1313 - 03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны

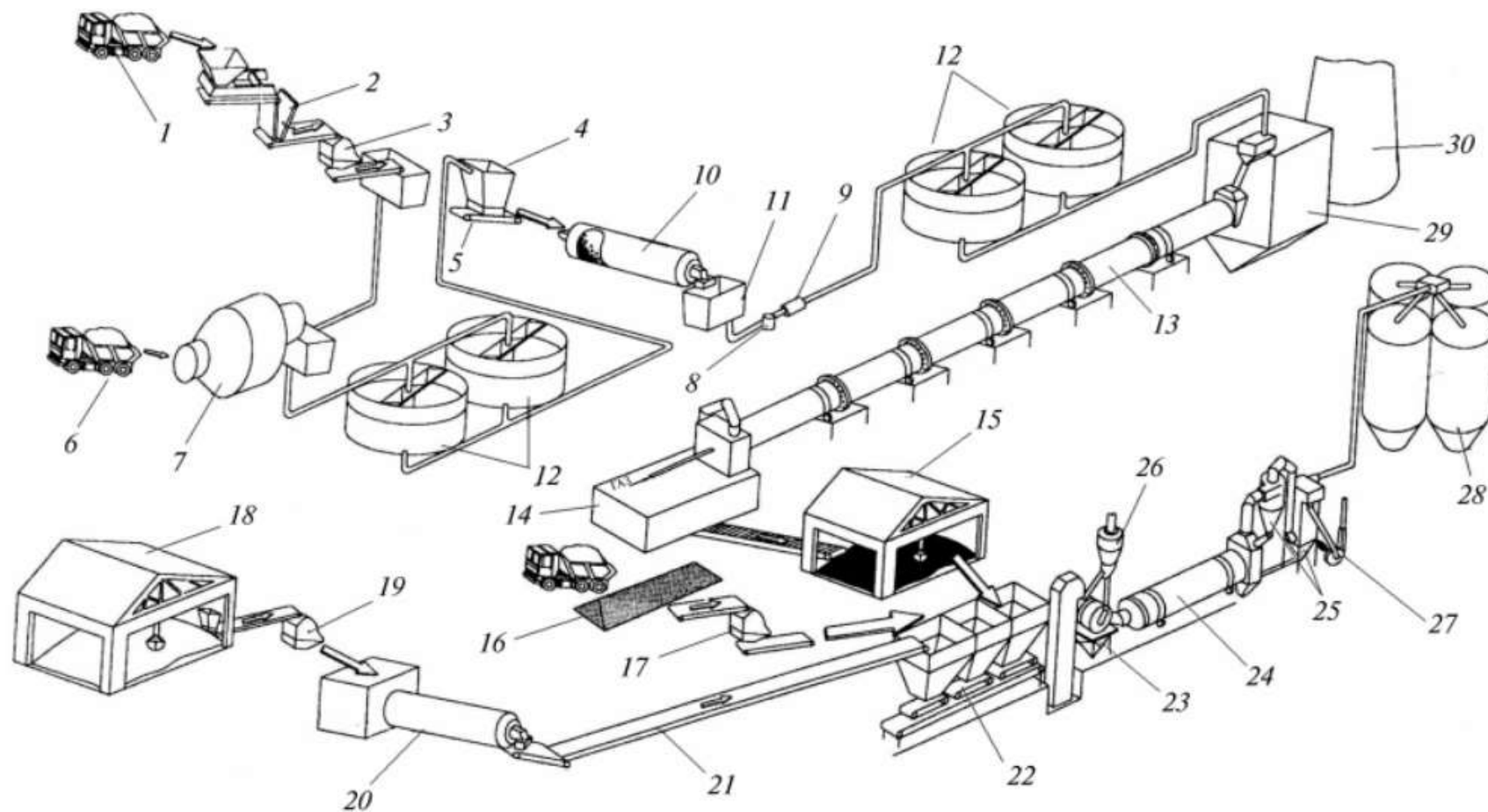
44. РД 52.44.593 - 2015 Массовая концентрация тяжелых металлов в атмосферном воздухе. Методика измерений методом атомно - абсорбционной спектроскопии с беспламенной атомизацией.

45. Р 2.2.2006–05. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.

Приложение А

(Обязательное)

Схема производства цемента

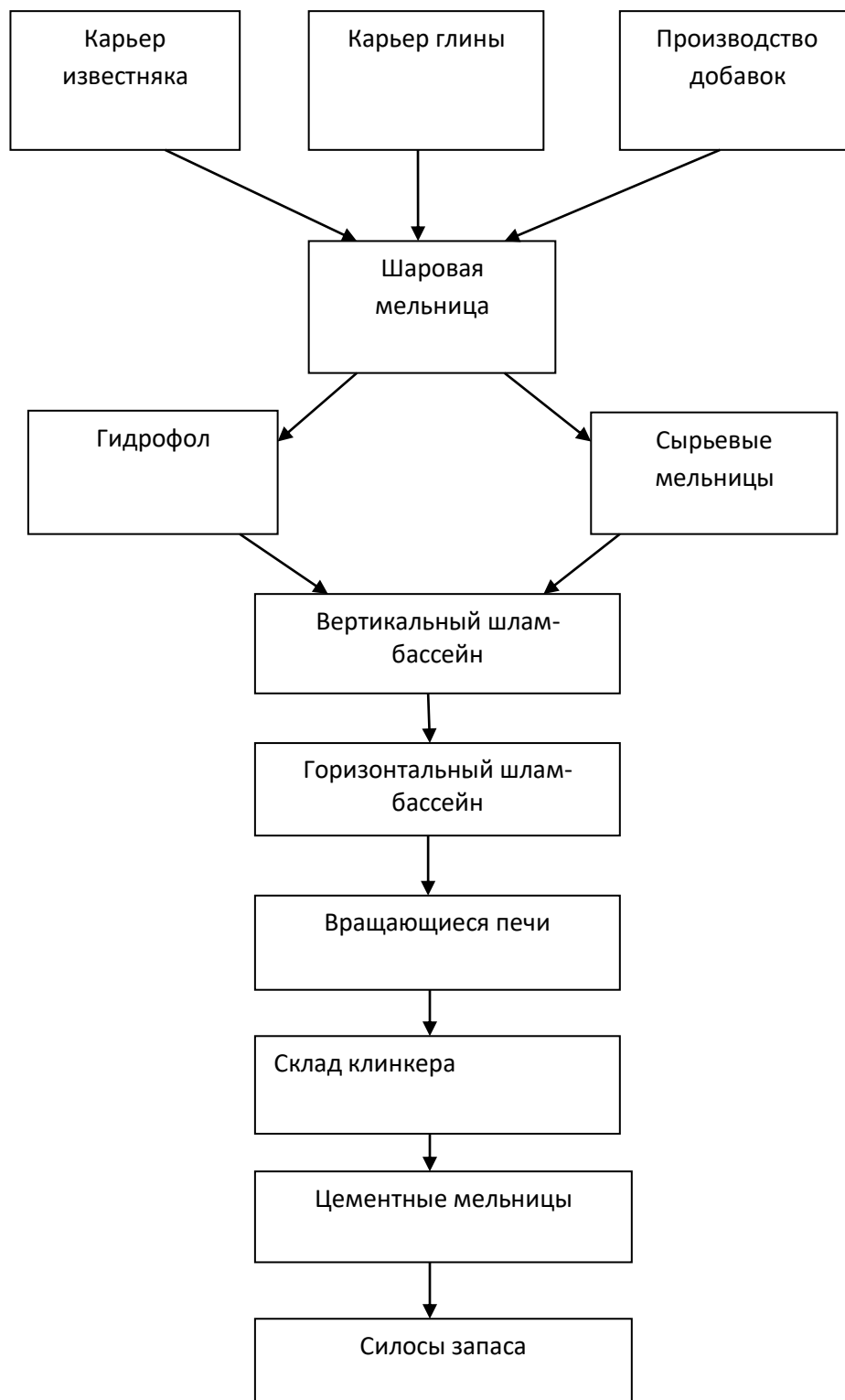


Приложение Б
(Обязательное)
Условные обозначения

- 1** – Автотранспорт;
- 2** – Щековая дробилка;
- 3, 17, 19** – Молотковые дробилки;
- 4** – Бункер;
- 5, 9** – Дозатор;
- 6** – Транспорт;
- 7** – Мельница «гидрофол»;
- 8** – Насос;
- 10** – Мельница сырьевого помола;
- 11** – Бункер;
- 12** – Шламбассейн;
- 13** – Вращающаяся печь;
- 14** – Колосниковый холодильник;
- 15** – Склад клинкера;
- 16** – Склад гипса;
- 18** – Склад добавок;
- 20** – Сушильный барабан;
- 21** – Ленточный конвейер;
- 22** – Бункер–дозатор
- 23** – Предизмельчитель;
- 24** – Мельница помола клинкера;
- 25, 26** – Система очистки воздуха;
- 27** – Вентилятор;
- 28** – Силосный склад;
- 29** – Электрофильтр;

30 – Дымоходная труба.

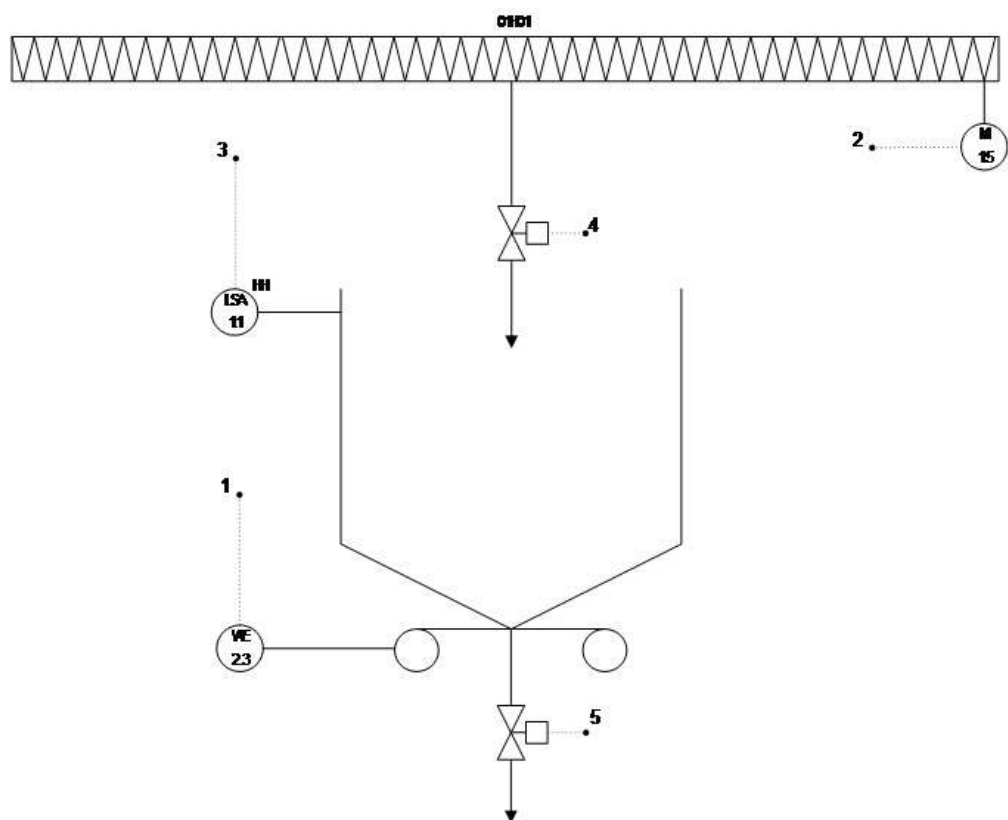
Приложение В
(Справочное)
Структура работы завода



Приложение Г

(Обязательное)

Функциональная схема автоматизации

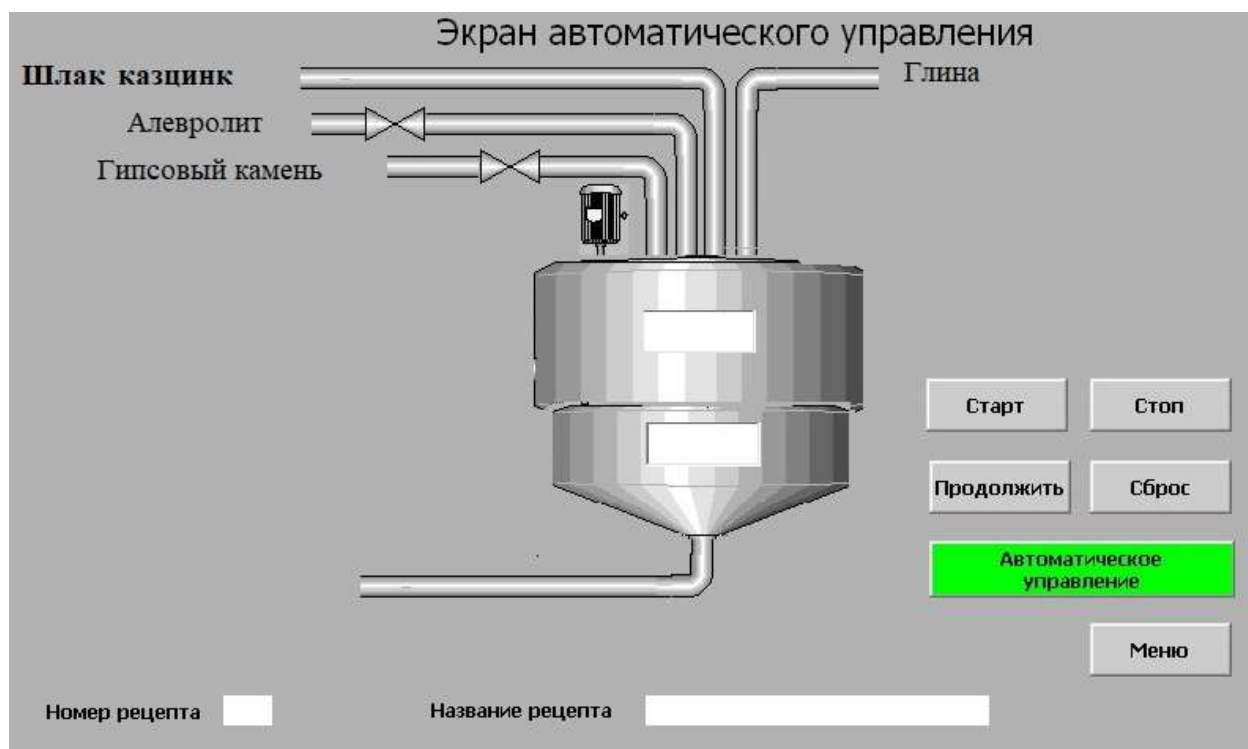


	1.	2.	3.	4.	5.
По месту					
На щите					
SCADA					
					Мнифиг
					Регистрация
					Управление

Приложение Д

(Обязательное)

Дерево экранных форм



Приложение Е

(Обязательное)

Схема внешних проводок

