

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

Институт электронного обучения
Направление подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств
(в нефтегазовой отрасли)
Кафедра систем управления и мехатроники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы	
Модернизация автоматизированной системы подачи руды и воды на мельницу медно - обогатительной фабрики АО «АГМК»	

УДК 622.7:622.342/.349.002.5-52

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т21	Бахтиёров Бехзод Бахтиёр угли		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. СУМ	Берчук Денис Юрьевич			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. МЕН	Данков Артем Георгиевич	К.и.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ЭиБЖ	Невский Егор Сергеевич			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф.СУМ	Губин Владимир Евгеньевич	К.т.н.		

Томск – 2017 г.

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

Институт электронного обучения

Направление подготовки (специальность) 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств (в нефтегазовой отрасли)

Кафедра систем управления и мехатроники

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой СУМ

(Подпись) (Дата) Губин В. Е.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
З-8Т21	Бахтиёров Бехзод Бахтиёр угли

Тема работы:

Модернизация автоматизированной системы подачи руды и воды на мельницу медно-обогатительной фабрики АО «АГМК»
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

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.).	Объект исследования: Режим работы – круглосуточный, круглогодичный. Объекты процесса:.
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; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	Проектирование автоматизированной системы системы подачи руды и воды на мельниц МШР. Разработка схем автоматизации. Выбор комплекса аппаратно-технических средств. Разработка схем соединений внешних проводов. Разработка планов расположения оборудования и проводов. Разработка алгоритмов управления. Расчет надежности системы. Разработка экранных форм.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	Структурная схема. Принципиальная технологическая схема. Функциональная схема автоматизации. Схемы соединений внешних проводов. План расположения оборудования и проводов.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Данков Артем Георгиевич
Социальная ответственность	Невский Егор Сергеевич
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	28.04.2017
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. СУМ	Берчук Денис Юрьевич			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т21	Бахтиёров Бехзод Бахтиёр угли		

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

Институт электронного обучения

Направление подготовки (специальность) – 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств (в нефтегазовой отрасли)

Кафедра систем управления и мехатроники

Уровень образования – дипломированный специалист

Период выполнения – весенний семестр 2017 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	19.05.2017
--	------------

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

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. СУМ	Берчук Денис Юрьевич			

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф.СУМ	Губин Владимир Евгеньевич	к.т.н.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3 – 8Т21	Бахтиёрв Бехзод Бахтиёр угли

Институт	Электронного обучения	Кафедра	СУМ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазовой отрасли

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения: – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)	Рабочим местом является помещение диспетчерской. В диспетчерской рабочей зоной является место за персональным компьютером. Технологический процесс представляет собой автоматическое управление и контроль основных параметров. Здание, в котором находится диспетчерская, расположено на территории. Вредными факторами производственной среды, которые могут возникнуть на рабочем месте, являются: недостаточная освещённость рабочей зоны, отсутствие или недостаток естественного света, повышенный уровень шума, повышенная или пониженная влажность воздуха, вредные вещества. Опасными проявлениями факторов производственной среды, которые могут возникнуть на рабочем месте, являются: электрический ток. Чрезвычайной ситуацией, которая может возникнуть на рабочем месте, является возникновение пожара.
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	1. СанПиН 2.2.4.548 – 96. 2. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278 – 03 3. СП 52.13330.2011, 4. СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03 5. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ 6. СНиП 2.11.03-93 7. ППБ 01-93

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты	1. Повышенный уровень шума на рабочем месте; 2. Повышенная или пониженная влажность воздуха; 3. Отсутствие или недостаток естественного света; 4. Недостаточная освещённость рабочей зоны. 5. Вредные вещества
--	--

(сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)		
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производённой среды в следующей последовательности – механические опасности (источники, средства защиты; – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)		Электрический ток (Источником является ПК, пульт управления) Пожар (на подготавливается газ, который является взрывоопасным веществом)
3. Охрана окружающей среды: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.		Воздействие на литосферу, гидросферу не происходит. Воздействие на атмосферу происходит в результате выбросов углеводородов, связанных с технологическим процессом
4. Защита в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий		Возможные ЧС на объекте: утечка газа, пожар, взрыв. Наиболее типичной ЧС является взрыв.
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны		Рабочее место при выполнении работ в положении сидя должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78.
Перечень графического материала:		
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)		
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику		

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ЭиБЖ	Невский Егор Сергеевич			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3 – 8Т21	Бахтиёров Бехзод Бахтиёр угли		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Т21	Бахтиёров Бехзод Бахтиёр угли

Институт	Электронного обучения	Кафедра	СУМ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Автоматизация технологических процессов и производств в нефтегазовой отрасли

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Определение назначения объекта и определение целевого рынка
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Разработка НИР на этапы, составление графика работ
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Оценка технико-экономической эффективности проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Данков Артем Георгиевич	К.и.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Т21	Бахтиёров Бехзод Бахтиёр угли		

Аннотация

В данной выпускной квалификационной работе разработана автоматизированная система контроля и управления загрузкой мельницы МШЦ 3600×4000 с целью повышения технико-экономических показателей в комплексе мельница – гидроциклон на Медной обогатительной фабрике АО «Алмалыкского горно-металлургического комбината» («АГМК»).

В главе «Специальная часть » рассматривается комплекс измельчения как объект управления, производится анализ управляющих переменных, рассматривается функции АСУ комплексом измельчения, рассчитывается математическая модель, составляется алгоритм оптимального управления, и описывается функциональная схема автоматизации.

В главах «Безопасность жизнедеятельности» и «Охрана окружающей среды» приведены меры по обеспечению безопасности труда по охране окружающей природной среды, а так же проведены расчеты общего освещения.

В главе «Экономика производства» рассчитываются базовая цена разработки технического задания на установки датчика ПИК-074П, цена разработки проектной документации и срок окупаемости.

Выпускная квалификационная работа изложена на 74 страницах, содержит 25 рисунков, 10 таблиц, список использованных источников из 20 наименований.

Содержание

Введение.....	7
1 Обоснование работы	9
2 Аналитический обзор процесса измельчения руды	11
2.1 Структура АО «Алмалыкский ГМК».....	11
2.2 Основные сведения о процессе измельчения	12
2.2.1 Описание оборудования технологического комплекса измельчения.....	14
2.2.2 Теоретические основы процессов измельчения.....	14
2.2.3 Шаровая мельница с центральной загрузкой (МШЦ).....	20
2.2.4 Гидроциклон	22
3 Специальная часть.....	26
3.1 Исследование измельчительного комплекса как объекта управления.	26
3.2 Анализ управляющих переменных	27
3.3 Технологическое описание АСУ измельчительного комплекса	28
3.4 Система управления измельчительным комплексом	29
3.5 Назначение АСУ измельчительным комплексом	30
3.6 Состав АСУ измельчительного комплекса.	31
3.7 Функции АСУ измельчительным комплексом	31
3.7.1 Функция сбора и обработки информации	31
3.7.2 Функция обмена информацией между подсистемами АСУ	32
3.7.3 Функция ввода, отображения и хранения информации	32
3.7.4 Управляющие функции	32
3.8 Математическая модель комплекса измельчения.....	33
3.9 Система управления комплексом измельчения и исследование процесса измельчения с помощью математической модели.	37
3.10 Алгоритмическое и программное обеспечение АСУ ТП.....	42
3.11 Исследование объекта	45
3.12 Функциональная схема автоматизации «мельница-гидроциклон»	48
4 Социальная ответственность.....	54
4.1.1 Производственная безопасность.....	54
4.1.2 Анализ вредных факторов производственной среды	54
4.1.3 Анализ опасных факторов производственной среды	56
4.2 Экологическая безопасность.....	57
4.2.1 Защита атмосферы	58

4.2.2 Защита гидросферы.....	58
4.2.3 Защита литосферы	58
4.3 Безопасность жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях	59
4.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	61
5 Экономическая часть.....	62
5.1 Определение цены двухстадийной разработки проектной документации для установки датчика ПИК-074П	62
5.1.1 Расчет базовой цены разработки ТЗ.....	62
5.2 Определение срока окупаемости	65
5.2.1 Расчет периода срока окупаемости	65
5.2.2 Выручка от реализации шихты.....	65
5.3 Сетевой график.....	66
5.4 Техничко-экономические показатели проекта.....	69
Выводы	70
Список использованных источников.....	71
Приложение А Расчет готового класса в мельнице	73
Приложение Б Расчет математической модели процесса измельчения.....	74

Введение

Производство цветных металлов занимает важное место в экономике Узбекистана. Добыча и первичная переработка медных руд производится на горно-обогатительных комбинатах и является одной из важных ступеней в получении высококачественной продукции в металлургическом производстве. В обогатительном производстве широкое применение получили энергоёмкие, энергетические установки, наиболее мощными из которых являются мельницы мокрого самоизмельчения, работающие в замкнутом цикле со спиральным классификатором. В настоящее время наблюдается опережающий рост стоимости энергоресурсов по сравнению с ценами на металлопродукцию, что делает особо актуальными задачи максимальной производительности и более эффективного использования ресурсов, в частности электроэнергии.

Комплекс «мельница-классификатор» - это достаточно сложный, динамический объект, выход которого зависит от большого числа внешних условий. Выполнение требований к процессу измельчения в целом затруднено действием неконтролируемых возмущений, другим осложняющим фактором является возможность перегруза измельчительного агрегата.

Большой вклад в исследование проблем энергетической оптимизации процесса измельчения внесли такие российские ученые: В.Н. Кирпичев, В.С. Виноградов, Г.А. Хан, В.С. Процуто, О.С. Богданов, Б.Д. Кошарский, А.Я. Ситковский, В.И. Гудима, В.В. Ронканен, О.Н. Тихонов, А.Е. Троп и др.

Исследованию проблем оптимального управления технологическими процессами на промышленных предприятиях посвящены работы видных отечественных и зарубежных ученых: А.А. Фельдбаума, В.В. Солодовникова, Н.И. Федунец, Л.А. Бахвалова, Л.Д. Певзнера, А.Г. Шварцмана, Р. Калмана, Э. Джури, Р. Беллмана и др.

Проведённый анализ современного состояния вопроса автоматизации процесса измельчения показывает, что резервы максимизации производительности и минимизации затрат электроэнергии ещё не исчерпаны. Таким образом, прослеживается тенденция к возможности оптимизации процесса измельчения.

Обогащение – процесс обработки руды с целью получения концентрата полезного компонента.

В общем виде процесс обогащения состоит из двух укрупнённых стадий: рудоподготовка и собственно обогащение.

Рудоподготовка является подготовительной стадией и в силу этого, во многом определяет не только последующее качество выходного продукта, но и технологию обогащения. При этом наиболее важным процессом рудоподготовки является стадия измельчения, так как на этой стадии высвобождаются сростки полезного компонента и получают необходимую крупность для дальнейших стадий обогащения (флотация), а именно от крупности в большей степени зависит качество конечного продукта.

Эффективное ведение процесса измельчения позволяет решить основную задачу этапа обогащения - поддержание стабильного высокого качества выходного концентрата без потери производительности по исходной руде.

При ручном управлении стабилизация и оптимизация процесса измельчения по тому или иному критерию определяется степенью профессиональной подготовки технолога - оператора и, как правило, является субъективным фактором. В силу этого, а также, учитывая, что процесс измельчения характеризуется повышенным ресурсопотреблением можно утверждать, что автоматизация управления процессом измельчения исходного сырья может обеспечить повышение производительности процесса с сохранением требуемых качественных характеристик выходного продукта и уменьшением ресурсопотребления [1, 2].

1 Обоснование работы

Целью обогатительных процессов, входящих в обогатительно-технологическую систему, является разделение минералов на основе их различий в физических и физико-химических свойствах и концентрирование полезного ископаемого.

Следовательно, эффективность флотации во многом определяется качеством и количеством выходного продукта, поступающего после измельчения исходного сырья.

Процесс измельчения исходного сырья в измельчительном комплексе, является сложным технологическим процессом, характеризующимся рядом технологических параметров. Среди них наиболее важным является объемная загрузка мельницы. Объемная загрузка мельницы определяет не только сам процесс измельчения и характеристики выходного продукта, но и является параметром, контролирующим режим работы измельчительного комплекса, т.е. его работу в нормальном режиме без перегрузок и недогрузок.

Ранее отмечалось, что при ручном управлении измельчительным комплексом, эффективность ведения процесса определяется профессиональной подготовкой оператора, при этом не обеспечивается стабилизация и оптимизация параметров процесса во времени. Вместе с тем, одной из существенных задач исследования процессов измельчения и построения систем управления ими является изыскание путей для снижения энергозатрат. Из предыдущих исследований известно, что обеспечение возможности работы измельчительного комплекса с учетом минимальных затрат энергии на измельчение материала, а также поддержание установленных режимных параметров и соблюдение ограничений измельчительного комплекса возможно только при достижении локальных критериев оптимальности ТПИ в самой мельнице.

При управлении комплексом от автоматизированной системы эти задачи решаются. Также, оснащение действующего комплекса оборудования автоматизированными системами управления приведет к повышению эффективности его работы за счет увеличения производительности и оперативности управления, улучшения условий труда.

Таким образом, необходимость введения АСУ измельчительным комплексом обосновывается следующими причинами:

- рассматриваемый измельчительный комплекс определяет дальнейший процесс обогащения;
- является энергоёмкой;
- происходит замена ручного субъективного управления.

На основании вышеизложенного можно сформулировать задачу данного проекта следующим образом - разработать автоматизированную систему управления

технологическим измельчительным комплексом (АСУ), обеспечивающую получение заданного количества материала готового класса.

Целью настоящей работы повышение технико - экономических показателей ТПИ в комплексе мельница - гидроциклон путем построения системы автоматического управления для работы по идентифицированному в процессе исследований локальному критерию эффективности ведения измельчения, включающей интеллектуальные алгоритмы на базе нечеткой логики и обобщающих опыт ведения процесса лучшими операторами-технологами.

2 Аналитический обзор процесса измельчения руды

2.1 Структура АО «Алмалыкский ГМК»

АО Алмалыкский горно - металлургический комбинат (АГМК) является одним из крупнейших горно-металлургических предприятий в Центральной Азии, крупнейший производитель и поставщик меди, цинка, а также порядка 90 % серебра и 20 % золота в Республике Узбекистан. Комбинат – это современное предприятие, ориентированное по трем направлениям: медно-молибденовое, свинцово-цинковое и золотодобывающее производства.

Готовой продукцией является рафинированная медь, аффинированные драгоценные металлы, металлический цинк, медная проволока, медный эмалированный провод и многое другое. На сегодняшний день, АО "Алмалыкский ГМК" – промышленный комплекс, объединяющий [1]:

- восемь горнодобывающих предприятий,
- две обогатительные фабрики,
- два металлургических завода с сернокислотным производством,
- ремонтно-механический и известковый заводы,
- автотранспортное управление с четырьмя автобазами,
- управление железнодорожного транспорта,
- управления по производству товаров народного потребления,
- 22 вспомогательных цеха и подразделений.

На комбинате занято более 30000 работников разной квалификации.

К вспомогательным и обслуживающим цехам и подразделениям относятся:

- железнодорожный цех,
- ремонтная база,
- цех ремонта промышленных зданий,
- электроцех,
- энергетический цех,
- кислородно-компрессорный цех,
- центральная заводская лаборатория,
- центральная лаборатория автоматизации и телемеханики,
- цех строительных механизмов,
- цех централизованного ремонта оборудования,
- отдел технического контроля,
- заводоуправление,
- информационно-вычислительный цех,

- склад,
- ремонтно-строительный цех,
- заводские здравпункты.

Автомобильный транспорт завода в настоящее время выполняет общезаводские технологические перевозки. Ко всем зданиям и сооружениям подходят автомобильные дороги, а также имеются подъезды, разворотные площадки, пожарные проезды. Основные параметры автомобильных дорог [1]:

- число полос движения на основных дорогах – 2,
- число полос движения на второстепенных дорогах – 1,
- ширина проезжей части двухполосных дорог – 6 м,
- ширина проезжей части однополосных дорог – 4,5 м,
- покрытие проезжей части дорог – асфальтобетонное.

Еще одним транспортом на заводе является железнодорожный транспорт нормальной колеи. Железнодорожные пути проложены на площадках металлургического цеха, для вывоза отвального шлака и перевозки анодной меди в электролизный и аффинажный цех.

Инженерные сети к зданиям и сооружениям прокладываются под землёй и на эстакадах. В подземной прокладке размещены водопровод, канализация, сети оборотной воды.

В настоящее время завершены работы по строительству подземного рудника и обогатительной фабрики с выпуском цинкового, свинцового и медного концентратов, которые перерабатываются на металлургических предприятиях комбината. ГОК «Хандиза» является современным комплексом, где внедрено автоматическая система управления технологическим процессом. Реализация проекта позволит комбинату на 50% загрузить мощности цинкового производства собственным сырьем [1].

2.2 Основные сведения о процессе измельчения

Измельчение и классификация минерального сырья являются основными подготовительными операциями перед его обогащением. Эти процессы находятся, как правило, в замкнутом цикле. Поэтому технологические параметры, характеризующие каждый процесс в отдельности, находятся между собой в динамической связи. Решать вопрос автоматизации процессов измельчения и классификации отдельно друг от друга нельзя; целесообразно рассматривать их как единый управляемый объект «мельница-

классификатор». Конечным критерием, определяющим работу измельчительно-классифицирующего агрегата, является максимальная производительность (при заданных классах крупности в готовом продукте) при минимальном удельном расходе электроэнергии.

Измельчение и классификация в общем процессе обогащения руд предназначены для раскрытия полезных минералов перед обогащением и получения частиц требуемой крупности [2].

Измельчение сырья производится в стержневых и шаровых мельницах, а также в мельницах мокрого самоизмельчения. Классификация происходит на грохотах, в спиральных классификаторах и гидроциклонах.

Процесс измельчения исходного сырья в измельчительном комплексе, является сложным технологическим процессом, характеризующимся рядом технологических параметров. Среди них наиболее важным является объемная загрузка мельницы. Объемная загрузка мельницы определяет не только сам процесс измельчения и характеристики выходного продукта, но и является параметром, контролирующим режим работы измельчительного комплекса, т.е. его работу в нормальном режиме без перегрузок и недогрузок.

Измельчение производится в барабанных, центробежных, вибрационных и струйных мельницах. В черной и цветной металлургии распространение получили мельницы барабанного типа, которые могут быть шаровыми, стержневыми, рудно-галечными и самоизмельчения. Стержневые и шаровые мельницы с разгрузкой через решетку применяются в первых стадиях измельчения.

Множество факторов влияют на выбор схемы измельчения: твердость руды, содержание влаги, содержание ценного компонента и вредных примесей, характер включения зерен, химические свойства и другие характеристики. Исходя из этого, на предприятиях горно-обогатительной промышленности применяются различные схемы измельчения. Известны две технологические схемы построения измельчительного процесса: "сухого" и "мокрого" измельчения. Выбор той или иной схемы определяется физико-механическими характеристиками исходного сырья. Будем рассматривать только процесс мокрого измельчения в замкнутом цикле, которое наиболее широко применяется в схемах подготовки руд к обогащению (рисунок 1).

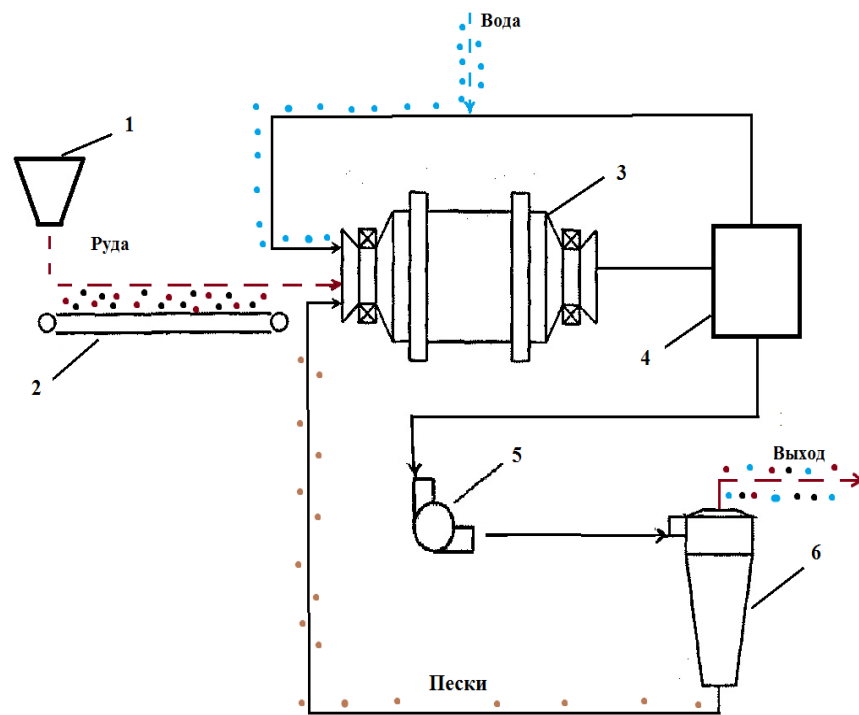


Рисунок 1 - Технологическая схема измельчения исходного материала

1 - загрузочный бункер; 2 - ленточный конвейер; 3 - мельница; 4 - зумпф; 5 - насос; 6 гидроциклон

2.2.1 Описание оборудования технологического комплекса измельчения

Схемы измельчения включают одну или более единиц измельчительного оборудования, классификационное оборудование и оборудование, необходимое для транспортировки материала (насосы, пульпопроводы, конвейеры и т.д.). Имеется большое число измельчительного оборудования (до пятнадцати разновидностей), используемого для мокрого и (или) сухого измельчения. В комплекте с этим измельчительным оборудованием могут использоваться гидроциклоны, спиральный или речный классификаторы, грохоты, воздушный и гидравлический классификатор. Измельчение проводят, главным образом, в барабанных мельницах различного типа, отличающихся друг от друга формой барабана, измельчающей средой, способом разгрузки продукта измельчения и принципом действия [2].

2.2.2 Теоретические основы процессов измельчения

Барабанная мельница представляет собой пустотелый барабан, закрытый торцевыми крышками, в центре которых имеются полые цапфы, опирающиеся на подшипники. Барабан вращается вокруг горизонтальной оси. При вращении барабана дробящие тела, которые занимают около половины объема барабана, измельчают поступающую в мельницу руду. В мельницу исходное питание поступает через специальный питатель, закрепленный на

загрузочной цапфе, а разгружается непрерывно через отверстие в разгрузочной цапфе с другого конца мельницы (рисунок 2).

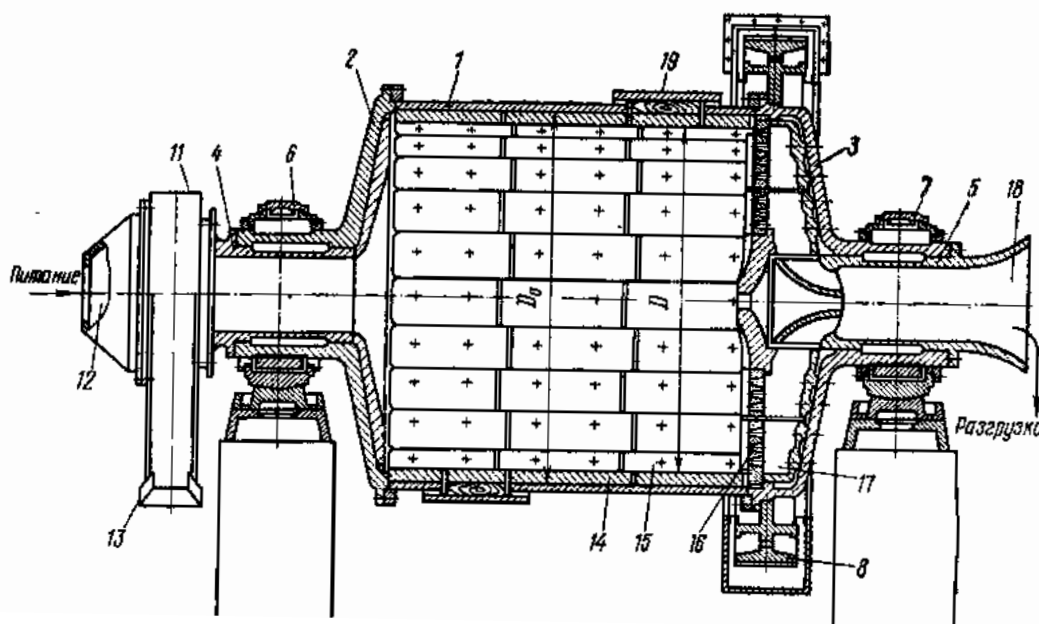


Рисунок 2- Шаровая мельница с разгрузкой через решетку

1 – барабан; 2,3 – торцевые крышки; 4,5 – пустотелые цапфы; 6,7 – коренные подшипники; 8 – зубчатый венец; 9 – шестерня; 10 – приводной вал; 11 – питатель; 12 – центральное отверстие питателя; 13 – козырек черпака; 14 – футеровочные плиты; 15 – болты футеровки; 16 – решетка; 17 – лифтеры; 18 – горловина разгрузочной цапфы; 19 – люк

Принцип работы шаровых, стержневых, рудногалечных и мельниц самоизмельчения одинаков, поэтому достаточно рассмотреть теоретические основы измельчения в мельницах одного типа – шаровых.

В шаровых мельницах дробящей средой являются кованные или штампованные шары, которые при вращении мельницы благодаря трению увлекаются внутренней поверхностью барабана, поднимаются на определенную высоту и, падая, измельчают куски руды. В зависимости от скорости вращения барабана мельницы могут работать в каскадном, водопадном или смешанном режимах. При очень большой скорости вращения барабана шары под действием центробежной силы прижимаются к внутренней поверхности барабана и вращаются вместе с ним. В этом случае шары первого или наружного слоя не производят измельчение руды. Такая скорость вращения мельницы называется критической. Для того, чтобы шары первого слоя производили измельчение руды, скорость вращения барабана должна быть меньше критической. В этом случае шары будут двигаться вместе с внутренней

поверхностью барабана по круговой траектории до определенной точки А, а затем оторвавшись, будут падать по параболической траектории (рисунок 3).

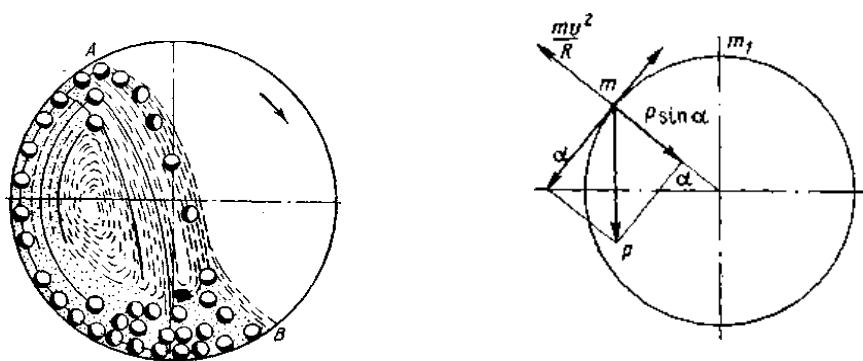


Рисунок 3 - Траектория движения шаров и схема к расчету скорости вращения мельницы

Чем выше точка подъема шара, тем больше скорость падения его и больше ударное действие на руду в точке. В момент падения, т.е в этом случае кинетическая энергия идущая на измельчения будет иметь наибольшее значение [3].

Смешанный режим осуществляется как с падением, так и перекачиванием шаров, что наблюдается при частоте вращения барабана мельницы 60-75 % от критической. В промышленных условиях, когда мельница заполняется на 30-50 % ее объема, шары движутся в несколько слоев, и каждый из них имеет различный радиус движения и различные линейные скорости. Чем меньше радиус траектории, тем меньше скорость и тем больше возможность для шара скатиться вниз. Поэтому шары наружного слоя, прилегающего к внутренней поверхности барабана мельницы, движутся с наибольшим радиусом; суммарная масса внешнего слоя шаров больше массы любого внутреннего слоя шаров, что благоприятствует более эффективному использованию шаровой нагрузки. Эти шары имеют наибольшую скорость и производят измельчение под действием удара. Шары внутренних слоев движутся по траектории с наименьшим радиусом и измельчают руду преимущественно истиранием.

Эффективность работы мельницы определяется не только максимальной производительностью и равномерным по крупности продуктом измельчения, но и величиной расходов на измельчение 1 т руды или стоимость измельчения, которая складывается из стоимости расходуемой энергии, расхода измельчающих тел и футеровки. Расход энергии на 1 т руды при тонком измельчении равен 10-15 кВт·ч, что составляет 40-60 % энергии, расходуемой на весь процесс переработки руды. Такой высокий расход энергии объясняется большой массой мельницы с измельчающей средой. Перегрузка мельницы ведет к

повышенному расходу энергии и износу шаров или стержней, а недогрузка резко снижает производительность мельницы и вызывает ускоренный износ футеровки барабана мельницы. Наибольшая производительность шаровой мельницы соответствует ее скорости вращения в пределах 75-88 % от критической, и заполнению ее шарами на 45-50 % объема.

Шаровая мельница с разгрузкой через решетку (рисунок 4) отличается от шаровой мельницы с центральной разгрузкой тем, что у нее диаметр барабана больше длины. Продукт загружается не самотеком, а принудительно через решетку (рисунок 4) с регулируемым уровнем разгрузки.

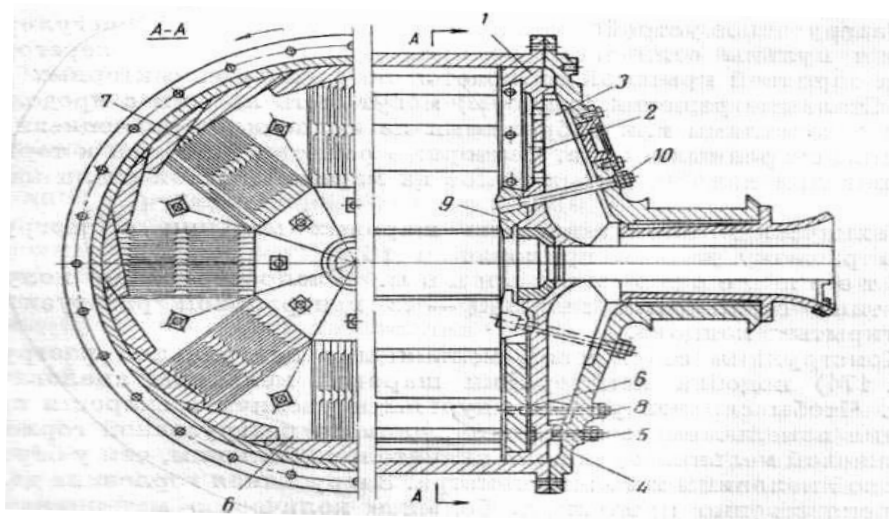


Рисунок 4- Разгрузочная решетка мельницы

Диафрагма 1 с отверстиями 2 и радиальными ребрами 3 крепится ребристой стороной к торцевой разгрузочной крышке 4 болтами 5. В центре диафрагмы имеется разгрузочное отверстие с трубой, проходящей в полу ю цапфу мельницы. Труба предотвращает забивку мельницы материалом в случае перегрузки или при засорении диафрагмы. Диафрагма защищена от износа футеровочными плитами 6 и 9 и прямоугольными колосниковыми решетками 7, расположенными радиально. Футеровка крепится сквозными болтами 8 к торцевой крышке. Колосниковые решетки заклиниваются секторными футеровочными плитами 9, имеющими скос. Плиты крепятся болтами 10.

Стержневые мельницы по устройству аналогичны шаровым мельницам с центральной разгрузкой. Длина их обычно в 1,5-2 раза больше диаметра. По способу разгрузки измельченного продукта различают стержневые мельницы с центральной и с периферической разгрузкой (измельчения неметаллических полезных ископаемых, например, асбестовых руд) [2, 3].

Конструктивно стержневая мельница с центральной разгрузкой (рисунок 5) отличается от шаровой мельницы аналогичного типа диаметром разгрузочной горловины.

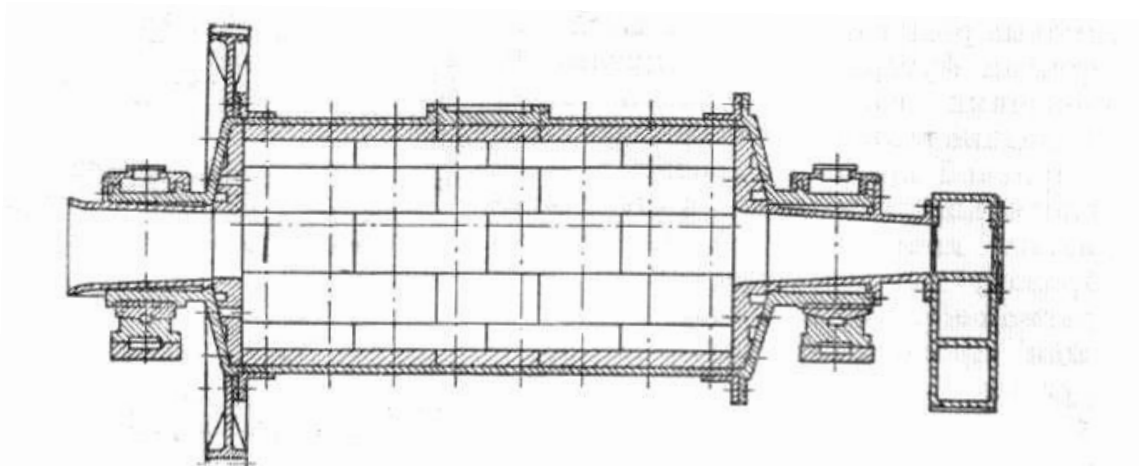


Рисунок 5- Стержневая мельница с центральной разгрузкой

Чтобы снизить уровень пульпы и увеличить скорость прохождения материала, горловину делают значительно больше, чем у шаровых мельниц такого же диаметра. Конструкция загрузочной горловины стержневых мельниц рассчитана на прохождение большого количества материала в единицу времени, особенно при работе мельницы в открытом цикле при малой степени измельчения. При внутреннем диаметре разгрузочной горловины 1200 мм и более исключается необходимость устройства люка в барабане мельницы, т.к. в нее можно проникнуть через горловину.

Торцевые крышки стержневых мельниц имеют меньшую конусность, чем крышки шаровых мельниц

Стержневые мельницы применяются для грубого измельчения в первых стадиях измельчения исходной руды крупностью до 20 мм перед шаровыми мельницами и при измельчении руды до крупности 1-2 мм перед гравитационными процессами обогащения. Скорость вращения стержневых мельниц несколько меньше, чем шаровых, и составляет 60-70 % от критической при степени заполнения ее стержнями 35-40 % внутреннего объема мельницы [3, 4].

Мельницы самоизмельчения

Процесс самоизмельчения отличается от обычного метода тем, что в качестве измельчающей среды в мельницы загружаются не шары или стержни, а крупные куски руды или галей. Крупные куски руды в мельнице измельчаются сами и измельчают мелкие куски. В зависимости от исполнения различают рудное самоизмельчение, рудное полусамозмельчение и рудногалечное измельчение [2].

При рудном самоизмельчении в мельницу подается руда крупностью 250-350 мм и даже 1100 – 1200 мм. Барабаны мельниц самоизмельчения имеют большой диаметр (до 11-

13 м) и длину в 2-3 раза меньше диаметра. Соотношение размера диаметра барабана и его длина обычно составляет от 1,2:1 до 2:1.

При рудном полусамоизмельчении в мельницу добавляются шары диаметром 100 и 125 мм в количестве 8-10 % от объема мельницы. Шары добавляются при недостатке крупных кусков руды (более 100 мм) в исходной руде и для увеличения производительности мельницы.

В мельницы рудногалечного измельчения, в которых измельчается руда крупностью менее 6 мм, в качестве измельчающей среды подается рудная галля крупностью минус 100 (75) мм плюс 40 (25) мм, которая выделяется после рудного самоизмельчения или после второй стадии дробления.

Самоизмельчение нашло широкое распространение на обогатительных фабриках, перерабатывающих медные, медно-модибденовые, золотосодержащие, алмазосодержащие и другие типы руд. Этот процесс имеет целый ряд преимуществ перед измельчением со стальной средой. Во-первых, отпадает необходимость среднего и мелкого дробления, а иногда и крупного, т.к. в в мельницы самоизмельчения подается руда крупностью 250 (350) мм сразу после крупного дробления. Во-вторых, снижается расход стали, т.к. не применяются шары. В-третьих, уменьшается количество шламов, т.к. измельчение осуществляется прежде всего по контактам между зернами, В-четвертых, уменьшается количество «натертого» железа, которое оказывает отрицательное влияние, например, на процесс флотации или цианирования [2].

Однако самоизмельчение обладает и существенными недостатками:

- расход энергии на измельчение в 1,3-1,4 раза выше, чем при измельчении в мельницах со стальной средой;
- процесс неэффективен при измельчении очень крепких и очень мягких руд;
- для того, чтобы процесс самоизмельчения протекал эффективно в исходной руде должно быть не менее 30 - 35 % кусков руды крупностью более 100 мм, которые и являются измельчающей средой;
- накапливание в мельнице самоизмельчения кусков руды «критической крупности» (75 - 25 мм), которые не являются измельчающей средой и плохо измельчаются сами. Для борьбы с этими кусками переходят на режим полусамоизмельчения.

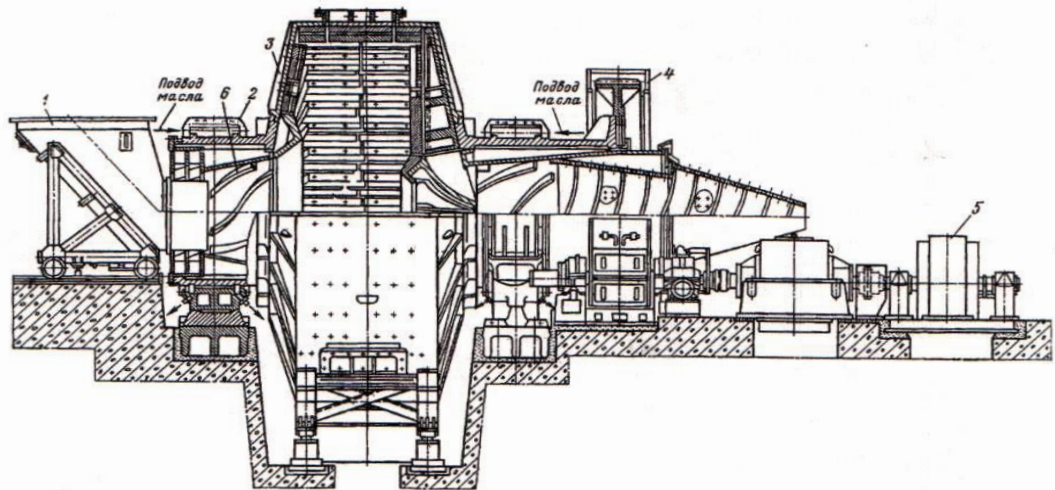


Рисунок 6 - Мельница для мокрого самоизмельчения

1 –загрузочная воронка; 2 – подшипник; 3 – корпус; 4 – большая венцовая шестерня; 5 – электродвигатель; барабанный питатель.

2.2.3 Шаровая мельница с центральной загрузкой (МШЦ)

Мельницы небольших размеров имеют люки для установки футеровочных плит. В мельницах больших размеров эта операция выполняется через разгрузочную цапфу. В барабан загружаются стальные или чугунные шары.

Разгрузочная цапфа имеет несколько больше диаметр, загрузочная, что создаст уклон пульпы в мельнице (рисунок 7).

Исходный материал загружается в мельницу питателем через загрузочную цапфу, а измельченный материал разгружается через разгрузочную цапфу. На рисунке 7 представлен чертеж мельницы с центральной разгрузкой

Мельница МШЦ характеризуется высоким уровнем пульпы в барабане, что предопределяет меньшую скорость движения в продольном направлении и более тонкое измельчение материала [2].

В зависимости от характеристик исходного сырья и требований к крупности измельчаемого продукта выбирают режим измельчения. В зависимости от частоты вращения барабана мельницы различают следующие режимы движения измельчающих тел: каскадный, водопадный, критический и характеризуется перекачиванием измельчаемых тел без их полета. Измельчающая среда вместе с барабаном приподнимается на некоторый угол, а затем под действием гравитационных сил скатывается.

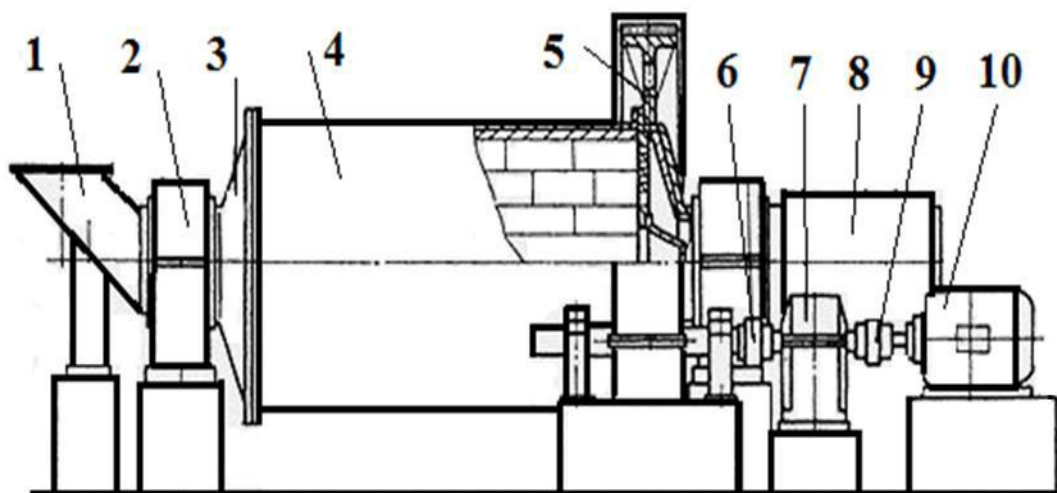


Рисунок 7 - Шаровая мельница с центральной разгрузкой МШЦ

1-Питательная часть 2-Основной подшипник 3-Загрузочная часть 4-Барабан 5-Привод
6-Муфта 7-Редуктор 8-Разгрузочная часть 9-Муфта 10-Э/двигатель

При постоянной частоте вращения высота подъема измельчающихся тел постоянна. Они непрерывно циркулируют, поднимаясь по круговым траекториям и затем скатываясь «каскадом» параллельными слоями. Материал при каскадном режиме измельчается в результате раздавливания и истирания.

Водопадный режим работы мельницы обеспечивается высокой частотой вращения барабана, составляющей 0,7 – 0,8 критической. Критической называется частота, при которой начинают центрифугировать тела, расположенные на внутренней поверхности барабана. При водопадном режиме измельчающая среда поднимается по круговым траекториям на большую высоту и падает по параболическим траекториям. Измельчения руды происходит главным образом в результате ударов измельчающих тел и частично вследствие истирания и раздавливания. Водопадный режим работы мельниц применяют для грубого измельчения в 1 стадии.

Критическим числом барабана мельницы называют такое число оборотов, при котором дробящие тела, прилегающие к внутренней поверхности барабана, прижимаются центробежной силой к этой поверхности и вращаются вместе с барабаном, не отрываясь. Если внутренний диаметр барабана обозначить через D , то критическую частоту вращения $n_{кр}$ можно найти по формуле (1):

$$n_{кр} = 42,3\sqrt{D} \quad (1)$$

При любом режиме измельчающая среда движется по круговым траекториям под действием сил трения, возникающие между футеровкой мельницы и прилегающими к ней телам, а также между самими телами, которые зависят от нормального давления материала на внутреннюю поверхность барабана и коэффициента трения.

На коэффициент трения влияют свойства руды, состояние поверхности футеровки, плотность и вязкость пульпы. При малых частотах вращения барабана и небольших заполнениях мельницы измельчающими телами (коэффициент заполнения φ меньше 30 % по объему) возможно скольжение измельчающих тел при движении по круговой траектории. При $\varphi = 40-50 \%$ и негладкой футеровке скольжение характерно только для внутренних слоев измельчающих тел.

В обычной производственной практике мельницы вращаются при частотах, составляющих 50-90 % от критической (в зависимости от поставленных технологических требований и желательного движения измельчающей среды).

Процесс измельчения в мельницах самоизмельчения можно представить следующим образом.

Более крупные (150—450 мм) куски руды движутся в каскадном режиме, приобретая окатанную форму. Куски промежуточной крупности (50—150 мм) измельчаются в водопадном режиме. При падении по параболическим траекториям они измельчают ударом более мелкие куски и постепенно сами разрушаются. Чтобы поднять рудную массу на необходимую высоту, мельницы самоизмельчения оборудуют лифтерами. Крупноизмельченный продукт целесообразно получать при высокой частоте вращения (смешанный и водопадный режим), тонкоизмельченный — при меньшей частоте вращения барабана (каскадный режим) [2].

Шаровые мельницы работают в замкнутом цикле с гидроциклонами.

2.2.4 Гидроциклон

Гидроциклон — (от др.-греч. ὕδωρ — вода и κύκλῳν — вращающийся) (центробежный сепаратор) аппарат, предназначенный для обесшламливания, сгущения шламов и продуктов флотации, осветления оборотных вод, классификации рудной пульпы в стадиях тонкого измельчения в замкнутом цикле с шаровыми мельницами и обогащения тонких фракций угля и руд в водной среде и тяжелых суспензиях в центробежном поле, создаваемом в результате вращения пульпы (рисунок 8).

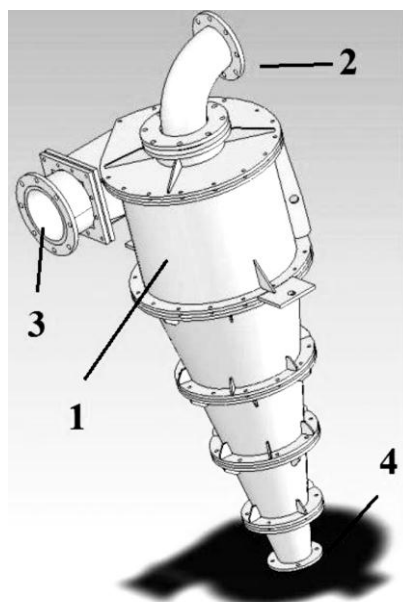


Рисунок 8 – Гидроциклон

1 - корпус; 2 - сливной патрубок; 3 - питающая насадка; 4 - песковая насадка.

Принцип действия гидроциклонов основан на сепарации частиц твёрдой фазы во вращающемся потоке жидкости. Величина скорости сепарирования частицы в центробежном поле гидроциклона может превышать скорость осаждения эквивалентных частиц в поле гравитации в сотни раз. В последнее время все чаще в технологии обогащения применяют кластер гидроциклонов, что позволяет существенно повысить производительность по потоку, при сохранении тонкости классификации, а также снизить давление пульпы в питании кластера и соответственно уменьшить потребляемую мощность питающих пульповых насосов.

Применение гидроциклонов в металлургическом производстве позволяет значительно снизить энергозатраты и уменьшить износ мельниц за счет снижения процесса переизмельчения частиц руды [2, 3].

Особенности оборудования

- 1) Двухуровневая система защиты от засорения
- 2) Возможность эксплуатации установок за счет гидростатического напора, без использования центробежных насосов и дополнительных ёмкостей
- 3) Малые габариты и вес, позволяющие разместить необходимое количество аппаратов на существующих производственных площадях
- 4) Использование полиуретанов при изготовлении быстроизнашиваемых частей позволяет увеличить срок службы песковых насадок до двух с половиной лет, корпусов и

сливных насадок — до четырех-пяти лет, что существенно сокращает затраты на ремонт и обслуживание [5].

Преимущества

- 1) Стойкость материалов, применяемых для изготовления аппаратов, позволяет увеличить ресурс оборудования в 5-9 раз по сравнению с гидроциклонами, выполненными из износостойчивого чугуна
- 2) Устойчивая работа гидроциклонов в широком диапазоне изменения входных параметров позволяет максимально упростить алгоритм автоматизированного управления
- 3) К каждому аппарату прилагается блок-схема управления процессом, которая позволяет составить программу контроля, адаптированную под уже существующую информационно-управляющую систему технологическим процессом.
- 4) Технологическая схема подключения, конструкция и режим работы рассчитываются индивидуально [6].

В данной работе представлена мельница МШЦ 3600×4000 и гидроциклон ГЦ-75.

Таблица 1 - Технические характеристики шаровой мельницы с центральной разгрузкой МШЦ-3600×4000

Наименования параметров	Значения параметров
Внутренние размеры барабана (без футеровки)	
диаметр	3600 мм
длина	4000 мм
Номинальный объем барабана	4,2 м ³
Номинальная частота вращения барабана об/мин.	28 об/мин
Мощность электродвигателя	100 кВт
Производительность , т/ч	4,2-12,0
Габаритные размеры (длина, ширина, высота), м	4000×3600×2600
Масса мельницы (без мелющих тел)	23 т
Масса мелющих тел т.	10,5
Частота вращения об/мин	1480
Передаточное число редуктора	12,5

Таблица 2 – Технические характеристики гидроциклона ГЦ-75

Наименования параметров	Значения параметров
1	2
Длина гидроциклона, мм	75
Угол конуса, град	10
Диаметр сливного отверстия, мм	22
Крупность слива при оптимальном режиме , мкм, не более	40
Диаметр пескового отверстия, мм	8;12;17
Производительность по питанию при давлении 0,1 МПа, м3/ч, не менее	5
Длина, мм	200
Ширина, мм	220
Высота, мм	500
Масса, мм	6,5

3 Специальная часть

3.1 Исследование измельчительного комплекса как объекта управления

Измельчение и классификация в общем процессе обогащения руд предназначены для раскрытия полезных минералов перед обогащением и получения частиц требуемой крупности. Эти процессы всегда технологически связаны между собой, и поэтому целесообразно рассматривать их как единый управляемый объект.

Технологический комплекс измельчения как объект автоматического управления (регулирования) является многомерным объектом с множеством параметров. Поэтому в первую очередь необходимо провести классификацию этих параметров по их функциональности. Исходя из функций каждого параметра, можно классифицировать процесс измельчения следующим образом (рисунок 9):

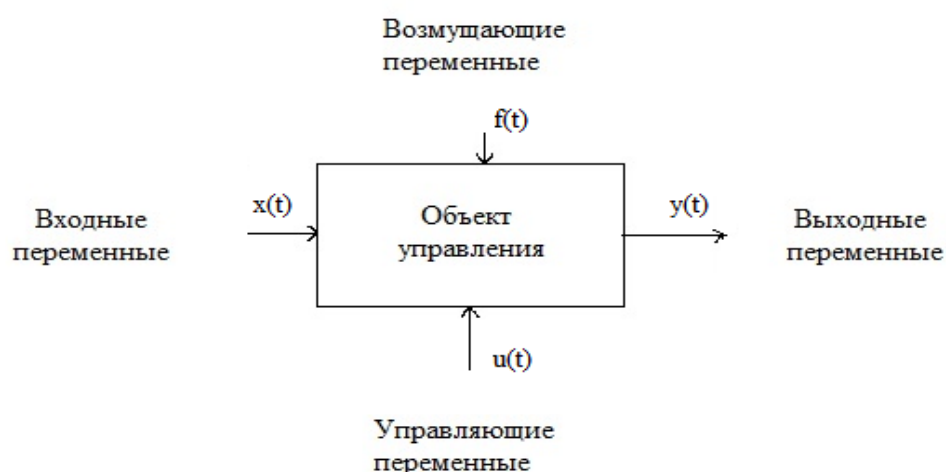


Рисунок 9 – Мельница как объект управления

1) входные переменные:

- производительность цикла по исходной руде;
- подача исходной руды;
- расход воды в мельницу;
- расход воды для классификации;
- давление пульпы на входе в гидроциклон;
- физико–механические свойства исходной руды;
- частота вращения барабана мельницы;
- рециркулирующий поток песков;

2) выходные переменные:

- объемный расход слива классифицирующего аппарата;
- плотность слива классифицирующего аппарата;
- гранулометрический состав слива;
- производительность цикла по готовому классу;

3) возмущающие переменные:

- изменение гранулометрического состава исходного питания;
- перегрузка отдельных секций измельчения;
- недогрузка отдельных секций измельчения;
- изменение физико–механических свойств исходной руды;
- износ оборудования;

4) управляющими переменными могут служить:

- расход исходной руды;
- расход воды в мельницу;
- расход воды для классификации;
- давление пульпы на входе в гидроциклон;
- распределение песков с контрольной классификации по секциям измельчительного комплекса.

3.2 Анализ управляющих переменных

1) Расход исходной руды.

Изменение исходного потока заметно влияет на качественно-количественные показатели процесса измельчения. Так, с увеличением количества руды растет крупность измельченного материала, а уменьшение приводит к более интенсивному измельчению. Таким образом, необходимо правильно определить поток исходного материала в мельницу обеспечив при этом повышение и стабилизацию качества и количества выходного продукта и стабильное заполнение барабана.

2) Расход воды в мельницу.

Одним из важных управляющих воздействий является расход воды в мельницу. Густая пульпа проходит через мельницу медленнее, чем жидкая. Поэтому при малом расходе воды, руда дольше находится под ударами и растирающим воздействием шаров, и готовый продукт получается более тонким. Наоборот, при разжижении пульпы содержание мелких классов в разгрузке мельницы начинает падать. В зависимости от установленной

производительности измельчительного комплекса существуют определенные значения оптимального содержания твердого в разгрузке мельницы.

3) Расход воды для классификации.

От процесса классификации зависит производительность мельницы по готовому классу. Результаты классификации при неизменном режиме транспортирования песков могут зависеть от общего количества и состава пульпы, поступающей в гидроциклон в единицу времени, и от дополнительного расхода воды. В зависимости от этого меняется плотность пульпы в сливе классификатора, что приводит, в свою очередь, к изменению количества песков, возвращаемых в мельницу. Изменение количества песков влечет за собой возникновение дополнительных переходных процессов, вызванных изменением плотности слива в зависимости от количества и гранулометрического состава пульпы, поступающей в гидроциклон.

Регулирование количества воды, подаваемой для классификации, не может стабилизировать выход готового класса из мельницы, так как управление ведется с большим транспортным запаздыванием.

4) Давление пульпы на входе в гидроциклон.

Давление на входе при заданной объемной производительности определяется диаметрами сливного и питающего отверстий и составляет 0,06...0,45 МПа. Более высокое давление требуется при получении тонкого плотного слива. При этом сильно изнашиваются насадки гидроциклона, увеличивается расход электроэнергии. Данный параметр не учитываем, так как он несущественно влияет на качество готового класса и управление по этому параметру требует внедрения дорогостоящего асинхронного двигателя для насоса и разработки алгоритма работы двигателя. Поэтому поддерживают постоянное давление на входе в гидроциклон, соответствующее необходимой плотности слива [3, 4, 5].

3.3 Технологическое описание АСУ измельчительного комплекса

Объектом управления АСУ ТП является совокупность технологического оборудования измельчительного комплекса, предназначенного для выполнения следующих операций:

- регулируемой загрузки измельчительных агрегатов (шаровых мельниц);
- процесса измельчения исходного сырья и возвратного продукта (песков гидроциклона);

– классификации выходного продукта мельниц по плотности и гранулометрическому составу;

– транспортирования возвратного продукта (песков).

В состав комплекса, подлежащего управлению от АСУ, входит группа технологического оборудования, состоящих из:

– шаровых мельниц с центральной системой загрузки;

– гидроциклонов;

– питателя конвейера подачи исходного сырья в мельницу;

– водных коммуникаций с регулируемыми клапанами подачи воды в мельницу и гидро-циклон.

Таким образом, цель управления процессом измельчения состоит в достижении заданного количества готового класса, которое подается на вход флотации.

На объекте предусматриваются следующие локальные контуры регулирования, не связанные в единую систему:

1) контур стабилизации оптимальной загрузки измельчительных агрегатов исходным сырьем;

2) контур стабилизации водного режима мельниц по схеме жесткой связи соотношения РУДА - ВОДА;

3) контур стабилизации плотности слива гидроциклонов.

3.4 Система управления измельчительным комплексом

Управление работой комплекса (рисунок 10) в реальных условиях осуществляется следующим образом. На сенсорном дисплее (рисунок 11) отображена мнемосхема работы комплекса в реальном времени. Оператор прикосновением к иконке «пуск» запускает работу комплекса в холостом режиме, после чего происходит последовательный автоматический запуск отдельных агрегатов комплекса. Далее, убедившись в нормальной работе аппаратов в цехе, оператор возвращается к системе управления и запускает операцию загрузки комплекса. На этом работа оператора по управлению комплексом заканчивается. Система АСУ ТП по ранее разработанной и введенной программе управляет технологическим процессом автоматически .



Рисунок 10 – управление работой комплекса



Рисунок 11 – Схема работы комплекса в реальном времени

3.5 Назначение АСУ измельчительным комплексом

АСУ предназначена для автоматизированного управления технологическим комплексом измельчения и в целом для обеспечения эффективности ведения технологического процесса измельчения по задачам:

- стабилизация заданного количества готового класса на выходе из гидроциклона с контрольной флотации;
- контроль заполнения каждой измельчительной секции во избежание перегрузок и недогрузок;

Эффективность ведения процесса измельчения при управлении от АСУ обеспечивается реализацией информационной и управляющей функций, а также стабилизацией технологических параметров процесса, посредством соответствующих контуров регулирования и алгоритмов управления [5].

3.6 Состав АСУ измельчительного комплекса

В состав АСУ входят следующие основные компоненты (части системы): оперативный персонал, информационное обеспечение, организационное обеспечение, программное и техническое обеспечения. Отметим также, что разработка программного обеспечения проводится на основе математического обеспечения, которое в состав АСУ ТП не входит. Упрощенная схема взаимодействия этих основных компонентов системы показана на рисунке 12.

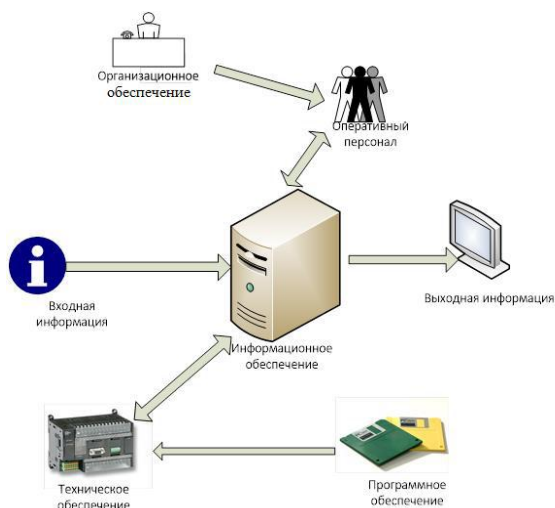


Рисунок 12 – Упрощенная схема взаимодействия основных компонентов АСУ
измельчительным комплексом.

3.7 Функции АСУ измельчительным комплексом

3.7.1 Функция сбора и обработки информации

Сбор информации от оборудования низовой автоматики производится циклически, с периодом цикла опроса, соответствующим временным особенностям технологического процесса, чем обеспечивается получение системой полной информации о динамике процесса.

Ввод в систему информации от датчиков аналоговых сигналов производится с предварительным усреднением измеряемой величины. При этом осуществляется

непрерывный контроль отклонений величины технологических параметров от регламентированных границ заданного диапазона.

3.7.2 Функция обмена информацией между подсистемами АСУ

АСУ должна обеспечить обмен информацией между подсистемами в объеме, необходимом для их автономного функционирования. При этом должна соблюдаться приоритетность потоков о параметрах технологического процесса от нижнего уровня к верхнему и управляющих сигналов от верхнего уровня к нижнему.

3.7.3 Функция ввода, отображения и хранения информации

Информация о ходе технологического процесса представляется в АСУ на мониторе АРМ оператора секции в виде ряда связанных между собой видеокадров (окон): графической мнемосхемы процесса, графиков, отражающих динамику процесса, графической панели управления процессом и др.

При этом обеспечивается возможность ввода необходимой для управления процессом информации (задания величин тех или иных параметров, ввода сигналов управления, переключения режимов работы оборудования и др.) с клавиатуры АРМ оператора секции.

3.7.4 Управляющие функции

Управляющие функции АСУ измельчительным комплексом, включают в себя действия по выработке и реализации управляющих воздействий на объект управления. Здесь под выработкой понимается определение (на основании полученной информации) рациональных воздействий, а под реализацией - действия, обеспечивающие осуществление принятых решений [5].

К основным управляющим функциям АСУ измельчительным комплексом относятся:

- стабилизация переменных технологического процесса на некоторых постоянных значениях, определяемых заданием;
- программное изменение режима процесса по заранее заданным законам;
- защита оборудования от аварий;
- формирование и реализация управляющих воздействий, обеспечивающих
- достижение и соблюдение режима оптимального по технологическому критерию;
- распределение материальных потоков и нагрузок между мельницами;
- управление пусками и остановами мельниц.

3.8 Математическая модель комплекса измельчения

При синтезе системы управления и построения математической модели измельчительного цикла примем, что подача воды регулируется локальными контурами так, чтобы стабилизировать гидродинамические режимы в мельницах, а также обеспечить постоянную плотность слива классификаторов. Классификация предполагается идеальной, т.е. считается, что все мелкие частицы идут в слив, крупные – в пески. При таких допущениях элементарный замкнутый цикл измельчения можно представить в виде системы «реактор–узел идеального разделения с рециклом».

Предположим, что реактор (мельница) обладает экстремальной статической характеристикой $f(\Phi)$ (рисунок - 13), причем в точке максимума

$$f(\Phi_0) = P_{\max}, \quad (2)$$

где Φ_0 – суммарный входной поток исходного и рециркулирующего продуктов в реактор;
 $f(\Phi)$ – производительность по готовому продукту

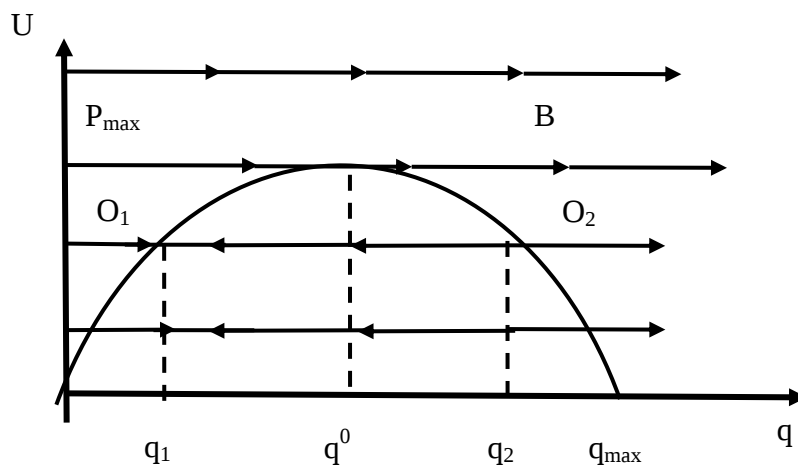


Рисунок 13 Зависимость производительности мельницы от запаса материала

При постоянном входном потоке ($U = \text{const}$) система ведет себя следующим образом.

1 При $U < P_{\max}$ система имеет два стационарных состояния O_1, O_2 при различных величинах R_1, R_2 ($R_1 < R_2$) рециркулирующего потока (рисунок 13), являющихся решениями уравнения

$$f(R + U) = U \quad (3)$$

Стационарное состояние O_1 устойчиво, O_2 – неустойчиво. В зависимости от начального состояния системы имеет место движение либо к O_1 , либо рециркулирующий поток неограниченно возрастает ($R(t) \rightarrow \infty$), что приводит к выходу технологических параметров системы согласно [4] за пределы режимов.

2 При $U = P_{\max}$ система имеет одно стационарное состояние O_0 , соответствующее экстремуму функции $f(\Phi)$. Оно устойчиво слева ($\Phi < \Phi_0$) и неустойчиво справа ($\Phi > \Phi_0$).

3 При $U > P_{\max}$ система стационарных состояний не имеет, $R(t) \rightarrow \infty$. Отсюда следует, что максимизация производительности системы приводит ее на границу устойчивости.

Математическая модель мельницы имеет вид :

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dG}{dT} = \Phi - S; \\ \frac{dM}{dT} = V - P, \end{array} \right. \quad (4)$$

(5)

где G – заполнение мельницы материалов;

Φ, S – величины входного и выходного потоков из мельницы;

M – масса готового класса в мельнице;

V – скорость образования готового класса;

$P = \frac{S \cdot M}{G}$ – величина выходного потока готового класса из мельницы

Математическая модель гидроциклона:

$$\left\{ \begin{array}{l} Z = P \\ \frac{dK}{dT} = Q - R, \end{array} \right. \quad (6)$$

(7)

где Z - величина потока слива гидроциклона;

K -масса песков на дне гидроциклона;

$Q=S \cdot (G-M)/G$ - величина выходного потока неготового класса из мельницы;

R - величина потока рециркулирующих песков.

Для аппарата цикла измельчения (рисунок - 14) примем следующие допущения:

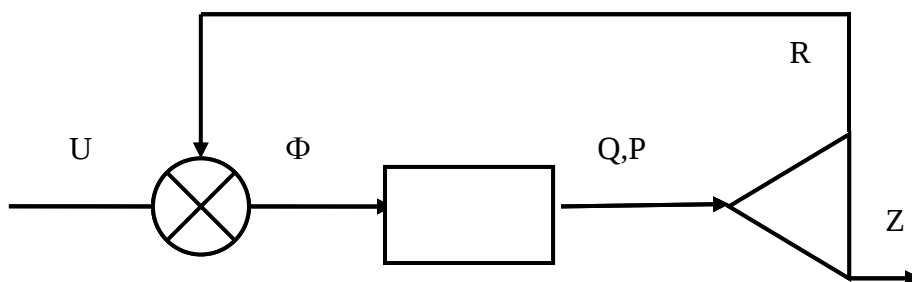


Рисунок 14 Структурная схема «мельница-гидроциклон» с рециклом

1 Выходной поток материала из мельницы S квадратично зависит от ее заполнения:

$$S = aG^2, \quad (8)$$

где a - коэффициент текучести пульпы

2 Скорость образования готового класса V является параболической функцией от заполнения от G с максимумом при $G=G^0(\Phi^0)$

$$V = b \cdot G \cdot (2G_0 - G) \cdot C_{кр}, \quad (9)$$

где G_0 - оптимальное заполнение мельницы;

b - коэффициент мягкости материала;

$C_{кр} = (G - M)/G$ - содержание крупного класса в мельнице;

3 Скорость выгрузки песков из гидроциклона R пропорциональна толщине их слоя на дне, т.е. их количеству в гидроциклоне K , если $T_{сп}$ - среднее время пребывания частиц в гидроциклоне (характерное время вращения спирали), то $R = K/T_{сп}$, и можно написать выражение (7) в виде:

$$R = \frac{Q - R}{T_{сп}} \quad (10)$$

4 мельницы, используемые в данном технологическом комплексе, являются идентичными, т.е. измельчают одинаково.

Тогда математическая модель замкнутого цикла измельчения может быть записана следующим образом:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dG}{dT} = F + R - aG^2 \\ \frac{dM}{dT} = b(2G_0 - G)(G - M) - aGM \\ \frac{dR}{dT} = (aG(G - M) - R)/T_{\text{сп}} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} (11) \\ (12) \\ (13) \end{array}$$

где G – заполнение мельницы;

M – масса готового класса в мельнице, т;

R – величина потока рециркулирующих песков из гидроциклона;

T – среднее время пребывания частицы в гидроциклоне, ч;

G_0 – оптимальное заполнение мельницы; a – текучесть пульпы (разжижение);

b – коэффициент мягкости материала;

$a \cdot G \cdot M$ – поток слива гидроциклона.

По данной модели может быть записана модель технологического процесса измельчения:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dG}{dT} = F_i + R_i + R_r \cdot \omega_i - a_i \cdot G_i^2 \\ \frac{dM}{dT} = b \cdot (2 \cdot G_{0i} - G_i) \cdot (G_i - M_i) - a_i \cdot G_i \cdot M_i \\ \frac{dR}{dT} = [a_i \cdot G_i \cdot (G_i - M_i) - R_i] / T_i \\ \frac{dA_z}{dT} = [R_{\text{фл}} \cdot (1 - C_{\text{фл}}) + \sum a_i \cdot G_i \cdot M_i \cdot (1 - C_i) - R_r] / T \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} (14) \\ (15) \\ (16) \\ (17) \end{array}$$

где G_i – содержание готового класса в сливе гидроциклона;

F_i – величина потока исходного материала в мельницу

$R_{\text{фл}}$ – величина потока с флотации;

ω_i – доля песков гидроциклона, направляемых в i -ю секцию;

R_r – величина потока песков с гидроциклона на контрольной классификации;

T_r – время пребывания частицы в гидроциклоне на контрольной классификации, ч.

$Z = aGM$ – поток слива гидроциклона;

a, b, T – параметры модели.

Векторы F и ω определяют структуру технологической схемы. Управляя заслонками пульподелителя, тарельчатыми питателями, а также отключая те или иные мельницы, можно реализовать самые различные виды структур технологической схемы измельчения.

При отсутствии управления структурой, т.е. когда $F = \text{const}$ и $\omega_i = \text{const}$, возможны как перегрузка отдельных секций измельчения, так и недогрузка других. Поэтому стоит задача управления структурой схемы и согласования работы отдельных секций [4].

Необходимость согласования следует также из того, что величина обратного потока от аппаратов флотации может колебаться в широких пределах (100-1000 % от количества перерабатываемой руды). Поскольку отсутствуют промежуточные емкости для хранения обратного продукта, его необходимо оперативно перераспределять между секциями, корректируя при этом подачу исходной руды. Обозначим U_j - поток, поступающий в i -ю секцию измельчения, тогда:

$$U = F + R_{ro} \quad (18)$$

Поскольку на F и ω наложены технологические ограничения, то может быть реализован не всякий вектор U , а лишь некоторое их множество W . С другой стороны, поскольку число переменных F, ω больше числа уравнений (14-17), вектор U может быть реализован неединственным образом. Таким образом, может иметь место как невозможность, так и не единственность реализации вектора U , входных потоков в секции измельчения.

3.9 Система управления комплексом измельчения и исследование процесса измельчения с помощью математической модели

Цель управления всем комплексом измельчения состоит в стабилизации величины суммарного потока на флотацию $Z_{\text{сумма}}(t)$ и обеспечении равномерной нагрузки аппаратов различных секций измельчения, т.е.:

$$Z_{\Sigma} = R_{\text{фл}} \cdot C_{\text{фл}} + a_i \cdot G_i \cdot M_i \cdot C_i \quad (19)$$

Задача управления: найти такие $F(t)$ и $c_o(t)$, чтобы

$$Z_{\Sigma}(t) = Z^* \quad (20)$$

где Z^* – задание, при обеспечении равномерной степени загрузки мельниц

$$\frac{G_1(t)}{G_1^0} = \frac{G_m(t)}{G_N^0} \quad (21)$$

Для оценки достижения поставленных целей был введен критерий управления:

$$J=(Z_{\Sigma}(t) - Z^*)^2 \rightarrow \min, \quad (22)$$

где Z^* - задание при ограничениях:

$$0 \leq F \leq F_{\max} \quad (23)$$

$$\Sigma \omega_i = 1; \omega_i \geq 0 \quad (24)$$

Наблюдаемыми являются величины G_i , R_i , $R_{\text{фл}}$, R_g , Z_{Σ} . Нестационарные параметры $a_i(t)$, $b_i(t)$, $C_i(t) = 1 \dots N$ ненаблюдаемые, но известны диапазоны их измерения.

Для решения задачи (14-18) произведем декомпозицию на две подзадачи низшего и верхнего уровней.

1 Подзадача нижнего уровня (НУ).

Для системы (14-18) найти $U(t)$, обеспечивающее выполнение (19) и (20) без учета ограничений (22), (23). НУ решается в классе бинарных систем с индуцированными внутренними обратными связями. Так как $M(t)$ зависит от $G(t)$, то следовательно, согласно (19), $Z(t)$ зависит от $G(t)$. Таким образом, считая $G(t)$ промежуточной управляющей переменной, можно управлять величиной $Z(t)$. В свою очередь, $U(t)$ необходимо выбирать так, чтобы обеспечить заданную траекторию $G(t)$.

Управление $U(t)$ и индуцированное управление $G(t)$ выбирается так, чтобы обеспечить заданное динамическое поведение системы. Для предотвращения скользящих режимов в точке стабилизации вводятся координатно-параметрические связи, сглаживающие управление в некоторых окрестностях Z^* и G^* .

2 Подзадача верхнего уровня (ВУ).

Найти $F(t)$ и $\omega(t)$ удовлетворяющие (24), (24) и обеспечивающие выполнение (18). Декомпозиция задачи управления на нижнюю и верхнюю снижает подачу исходной руды, что позволяет избежать перегрузки отдельных секций измельчения, обеспечить при увеличении задания требуемую величину потока на флотацию включением дополнительных секций измельчения.

По математической модели было проведено исследование на мельнице МШЦ 3600х4000. Были получены зависимости выхода готового класса; от гидроциклона, от входного потока исходной руды, от постоянной времени гидроциклона и от оптимальное заполнение мельницы. В результате из приложения В, было обнаружено, что кривые имеют экстремальный вид (рисунок 15-18).

Исходные данные ($a=0,8$; $G_o=45$ %; $b=0,8$; $T=7$; $V=36$ м³ ; $T_r=5$; $C_{фл}=15$ %) (рисунок 15),

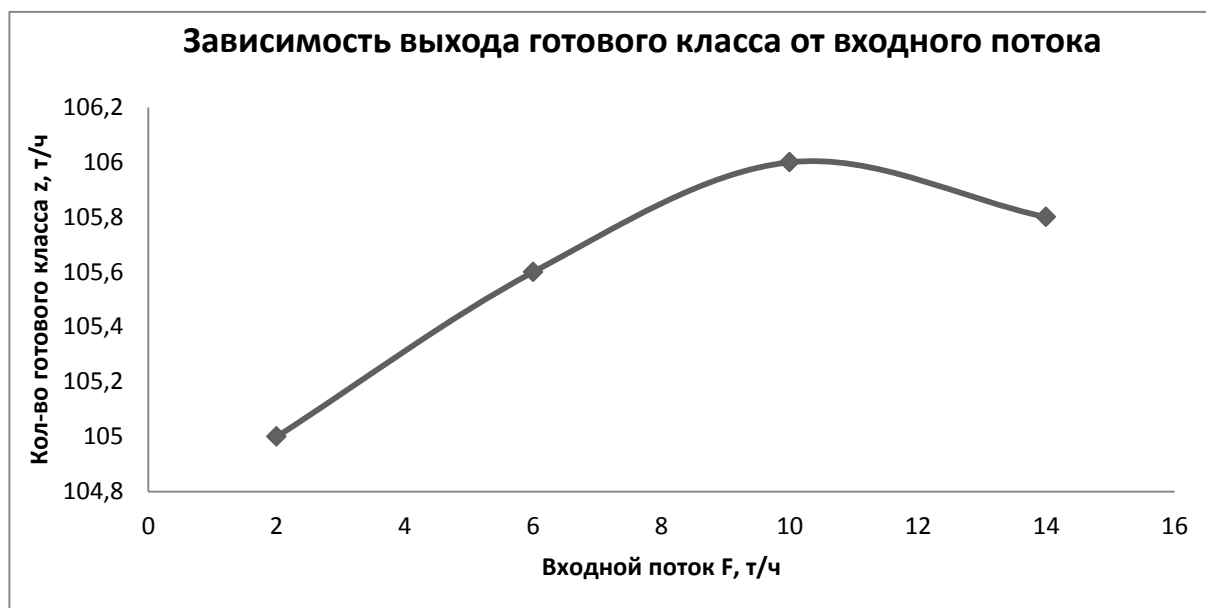


Рисунок 15 – Зависимость выхода готового класса от входного потока

Исходные данные ($a=0,8$; $G_o=45$ %; $b=0,8$; $V=36$ м³ ; $C_{фл}=15$ %) (рисунок 16),

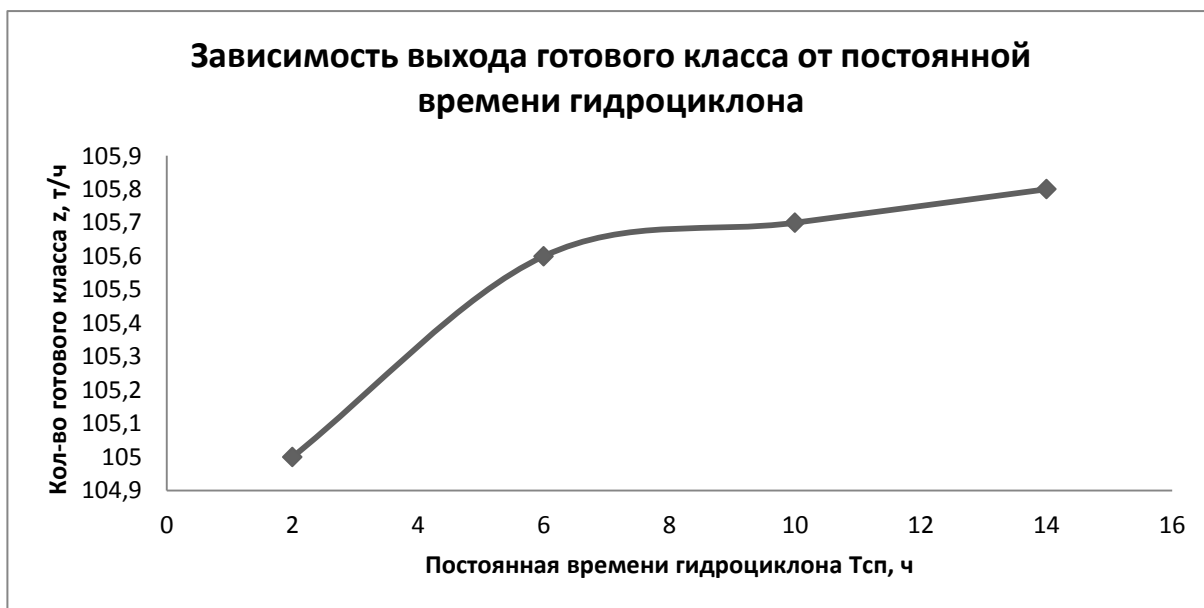


Рисунок 16 – Зависимость выхода готового класса от постоянной времени гидроциклона

Исходные данные ($a=0,8$; $b=0,8$; $T=7$; $V=36$ м³ ; $T_r=5$; $C_{фл}=15$ %) (рисунок 17),



Рисунок 17 – Зависимость выхода готового класса от оптимальное заполнение мельницы

В таблице 3 представлена зависимость выхода готового класса от текучести пульпы ($F=11$ т/ч; $G_0=45$ %; $b=0,8$; $V=36$ м³; $T_r=5$; $C_{фл}=15$ %)

Таблица 3 – Исходные и расчетные данные

a	G %	M т	Z т/ч
0,7	16,67	8,64	100,8202
0,71	16,86	8,64	103,426
0,72	16,93	8,64	105,3181
0,73	17	8,56	106,2296
0,74	17,1	8,46	107,0528
0,75	16,88	8,48	107,3568
0,8	16,59	8,1	107,5032
0,85	15,89	7,96	107,5117
0,9	15,87	7,527	107,5081

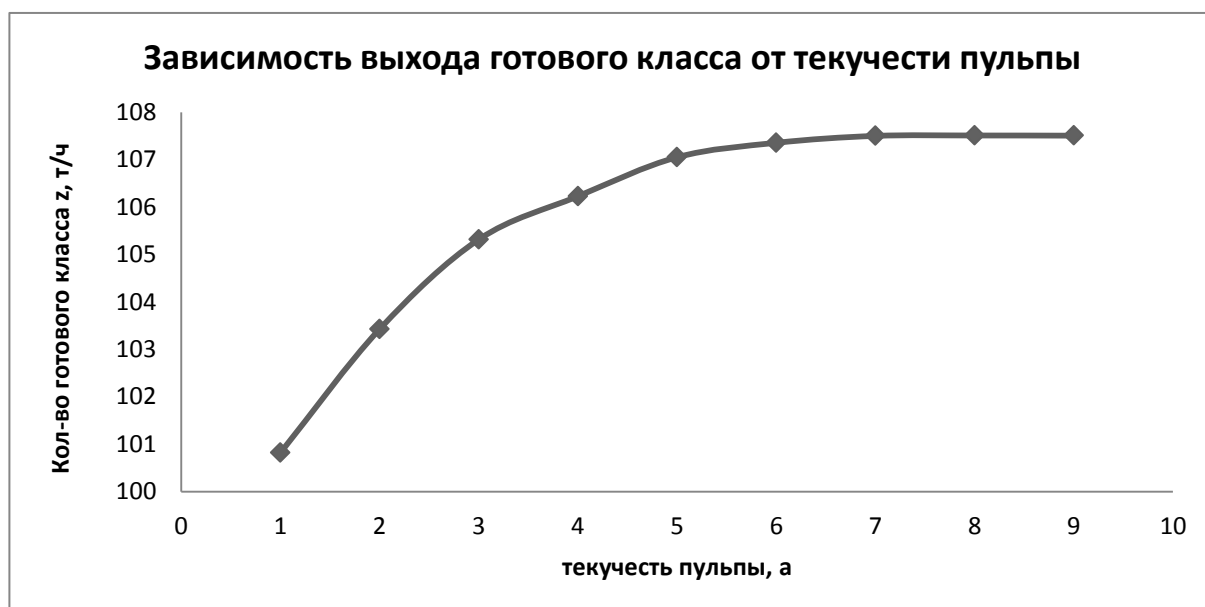


Рисунок 18 - Зависимость выхода готового класса от текучести пульпы

Результат данного исследования - есть основание, для создания АСУ измельчительным комплексом, т.е. параметрами текучести пульпы, входными потоками и степени заполнения мельницы. Так как кривая имеет экстремальный вид, то существуют такие режимы работы мельницы, при которых она работает с максимальной производительностью, что позволяет использовать мельницу максимально эффективно [7].

3.10 Алгоритмическое и программное обеспечение АСУ ТП

Основной функцией алгоритмов управления комплекса АСУ является оптимизация режимов работы технологического оборудования, таким образом, чтобы с одной стороны обеспечивался баланс между увеличением выхода готового продукта и его качественными характеристиками, определяемыми последующими операциями технологического процесса обогащения (например, флотации), с другой стороны обеспечивалась работа основного компонента (мельницы) в режимах, не выходящих в область критических значений. Для оценки достижения поставленных целей вводим критерий управления $J = (Z_{\text{зад}} - Z_{\text{расч}})^2 \rightarrow \min$. Составляем алгоритм для расчета этого критерия [4].

В качестве сигнала, обеспечивающего контроль критических режимов, выбран звукометрический сигнал, как комплексный информационный параметр загрузки и работы мельницы.

Алгоритмическое обеспечение АСУ представляет собой комплекс алгоритмов функционирования системы, работу которых обеспечит программное обеспечение. Совместное функционирование верхнего и нижнего уровней позволяет путем автоматического изменения структуры технологической схемы, корректировки технологических режимов отдельных секций, компенсировать достаточно большие возмущения и обеспечить требуемое качество управления всего технологического комплекса измельчения в целом. Программное обеспечение (ПО) комплекса выполняет функции: визуального контроля за ходом ТП и его параметрами; управления работой и контроля критических режимов технологического оборудования; архивирования и документирования данных; взаимодействия с программным обеспечением верхнего уровня (АСУТП объектов) (рисунок – 19).

Параметры управления выбираются на основе проведенного исследования математической модели технологического комплекса.

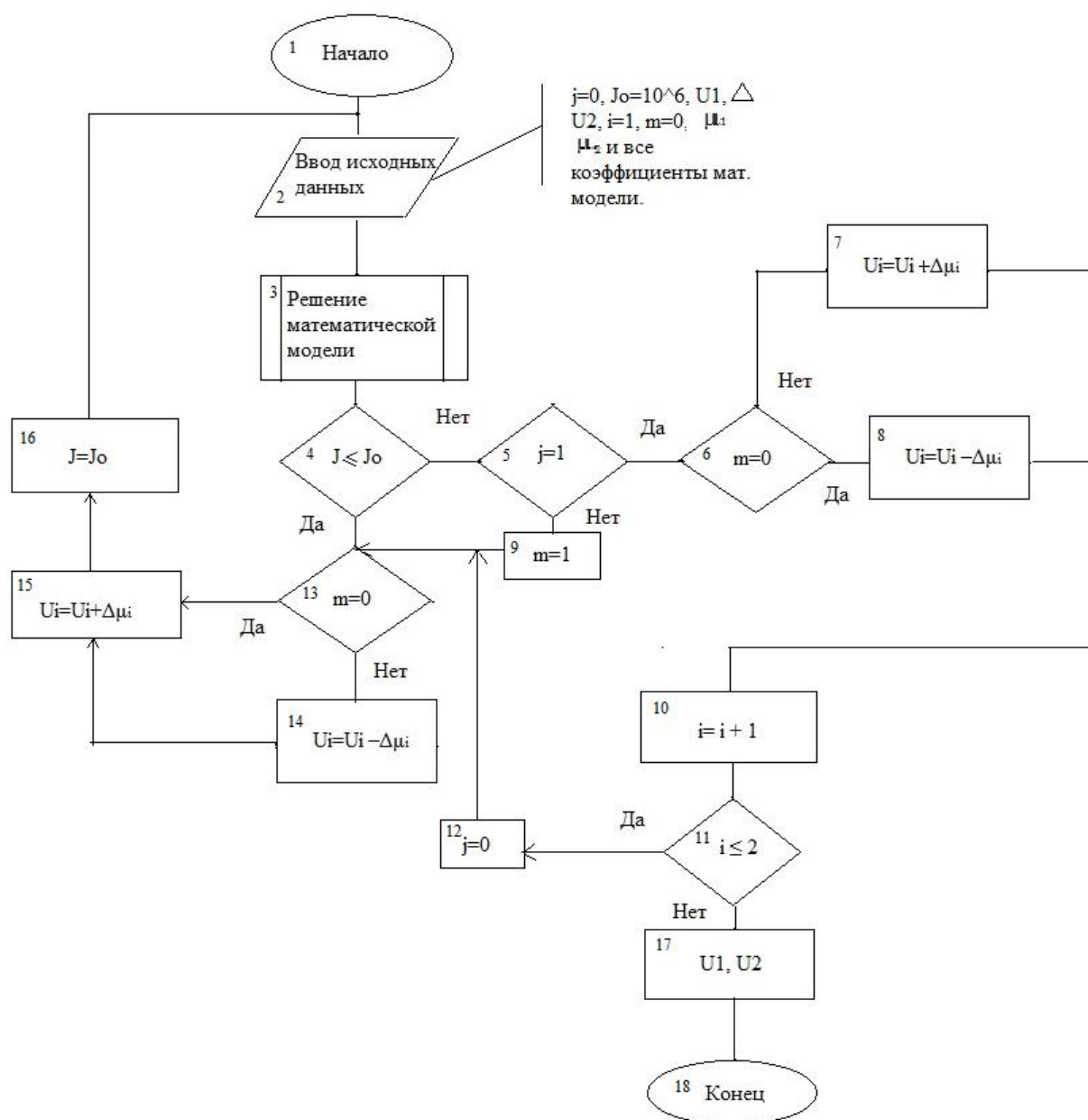


Рисунок 19 – Алгоритм управления

Описание алгоритма

Блок 1. Начало вычислений.

Блок 2. Ввод исходных данных: $j=0$, $J_0=10^6$, U_1 , U_2 , $i=1$, $m=0$, μ_1 , μ_2 , все коэффициенты мат. модели

Блок 3. Расчет по алгебраическим уравнениям математической модели значения

z – количество готового класса и определение критерия J_0 .

Блок 4. Проверка величины критерия:

Проверка условия минимума; в случае, если текущее значение J меньше предыдущего J_0 , переход к блоку 13, иначе, если текущее значение J стало больше предыдущего J_0 , значит минимум пройден - переход к блоку 6

Блок 5. Проверка значения счетчика циклов при невыполнении условия блока 5, если $j=1$, то текущее значение критерия J находится справа относительно минимума – переход к блоку 9.

Блок 6. – Проверка нахождения текущего значения критерия J относительно его минимума, если $m=0$ - переход к блоку 8, иначе – переход к блоку 7

Блок 7. Возвращение управляющего воздействия U_1 на шаг назад, когда одно из условий (Блок, 4) нарушалось и значение критерия находится справа относительно минимума, переход к блоку 10.

Блок 8. Возвращение i -го управляющего воздействия на шаг назад, когда одно из условий (Блок 4) нарушалось и значение критерия находится справа относительно минимума, переход к блоку 10.

Блок 9. Присвоение показателю m значения 1, переход к блоку 13.

Блок 10. Переход к поиску следующего управляющего воздействия

Блок 11. Проверка ограничения по количеству управляющих воздействий, в случае, если количество U_i прошедших процедуру поиска оптимального значения, меньше принятого количества U_i т. е. ограничений выполняются, то переход к блоку 12; иначе – к блоку 17.

Блок 12. Присвоение показателю j значения 0 переход к блоку 13.

Блок 13. Проверка нахождения текущего значения критерия J относительно его минимума, если $m=0$ - переход к блоку 15, иначе – переход к блоку 14.

Блок 14. Так как в блоке 7 ограничения для значения U_i было превышено, то необходимо значение U_i уменьшить на шаг Δu_i и переход к блоку 15.

Блок 15. Так как в блоке 8 ограничения для значения U_i было понижено, то необходимо значение U_i увеличить на шаг Δu_i и переход к блоку 16.

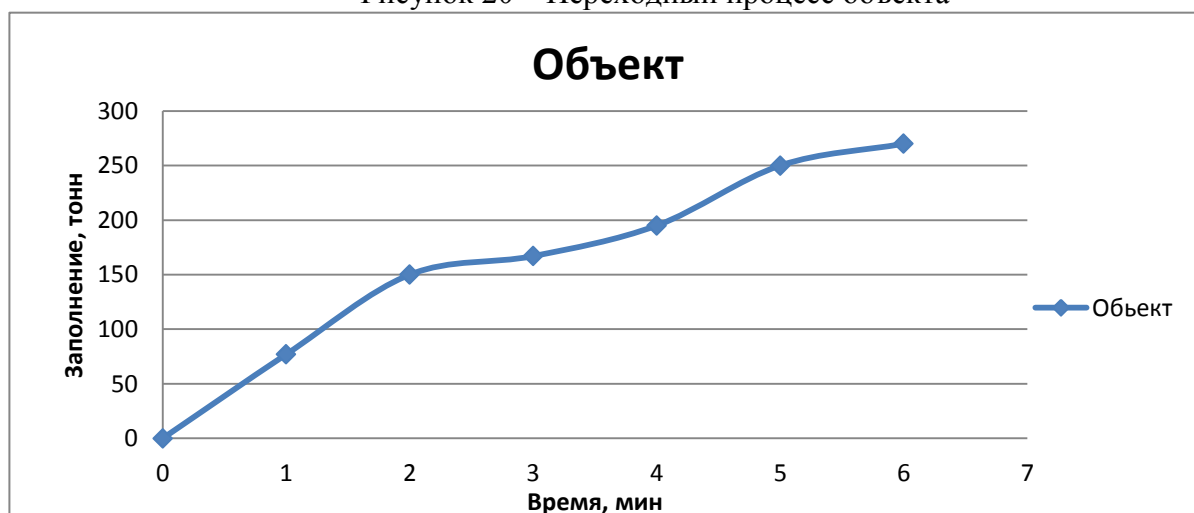
Блок 16. Переприсвоение текущего значения критерия управления $J=J_0$.

Блок 17. Печатать значений U_1, U_2 и переход к блоку 18.

3.11 Исследование объекта

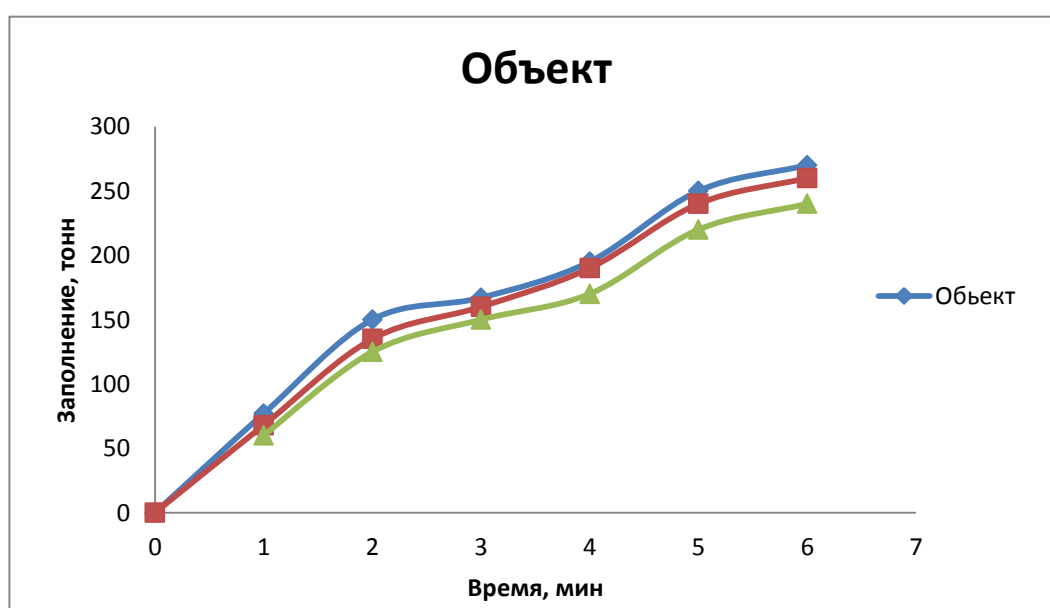
Переходный процесс объекта имеет вид (рисунок 20).

Рисунок 20 – Переходный процесс объекта



Исследование объекта показывает что он первого порядка с постоянной времени $T_1=0,8$ мин (рисунок 21).

Рисунок 21 – Исследование объекта



Выбираем регулятор для управления объектом. С помощью параметров подбираем регулятор. С помощью критерий, узнаем который регулятор более подходящий для нашего объекта (рисунок 22).

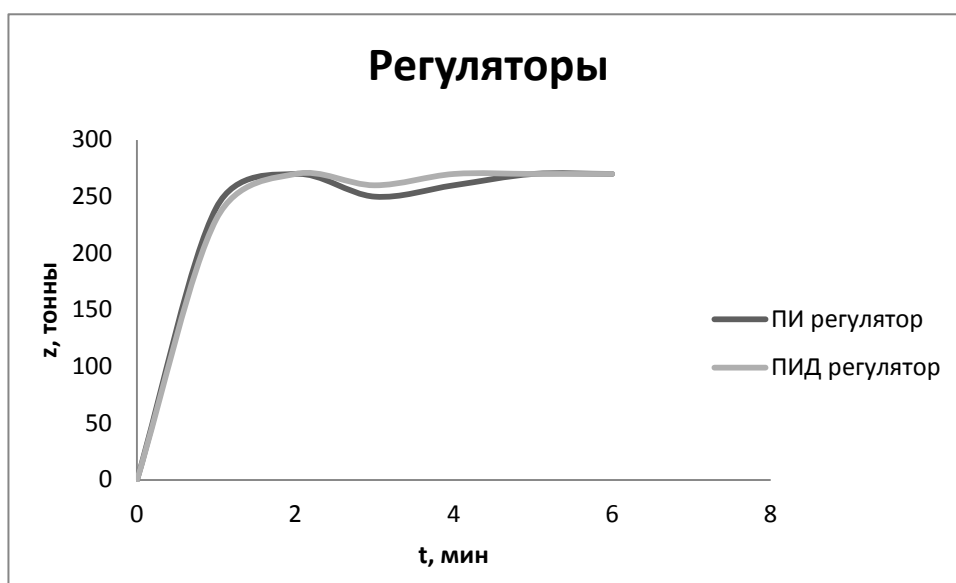


Рисунок 22 – Регуляторы

Отсюда считаем критерий для каждого регулятора, для ПИД она равна 53 для ПИ регулятора 60, но заданному значению быстрее стремится ПИ регулятор. В ПИД регуляторе Д часть считается очень дорогой, и поэтому для нашего объекта выбираем ПИ регулятор с параметрами $K_p=2$, $T_i=2,8$.

В конце исследуем поведения каждой крупности руды из приложения А и получим готовый класс для дальнейшей переработки в процессе флотации (рисунок 23).

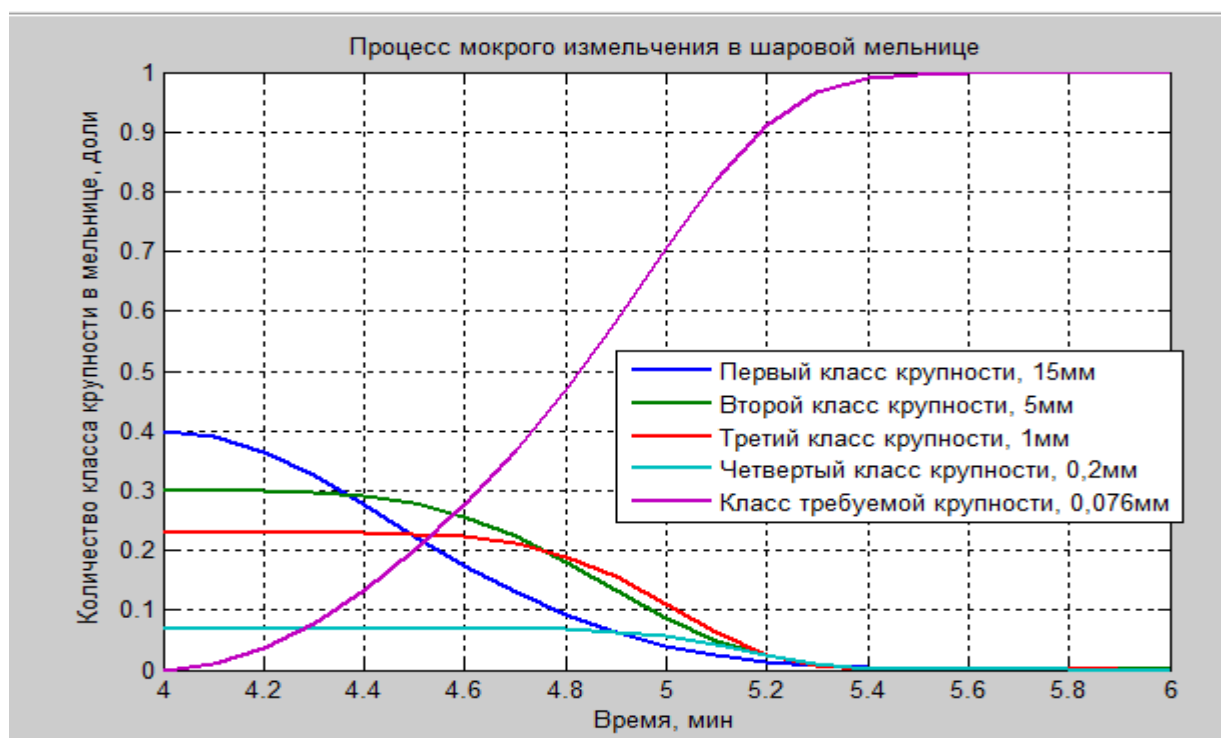


Рисунок 23 – Поведение каждой из крупности руды

3.12 Функциональная схема автоматизации «мельница-гидроциклон»

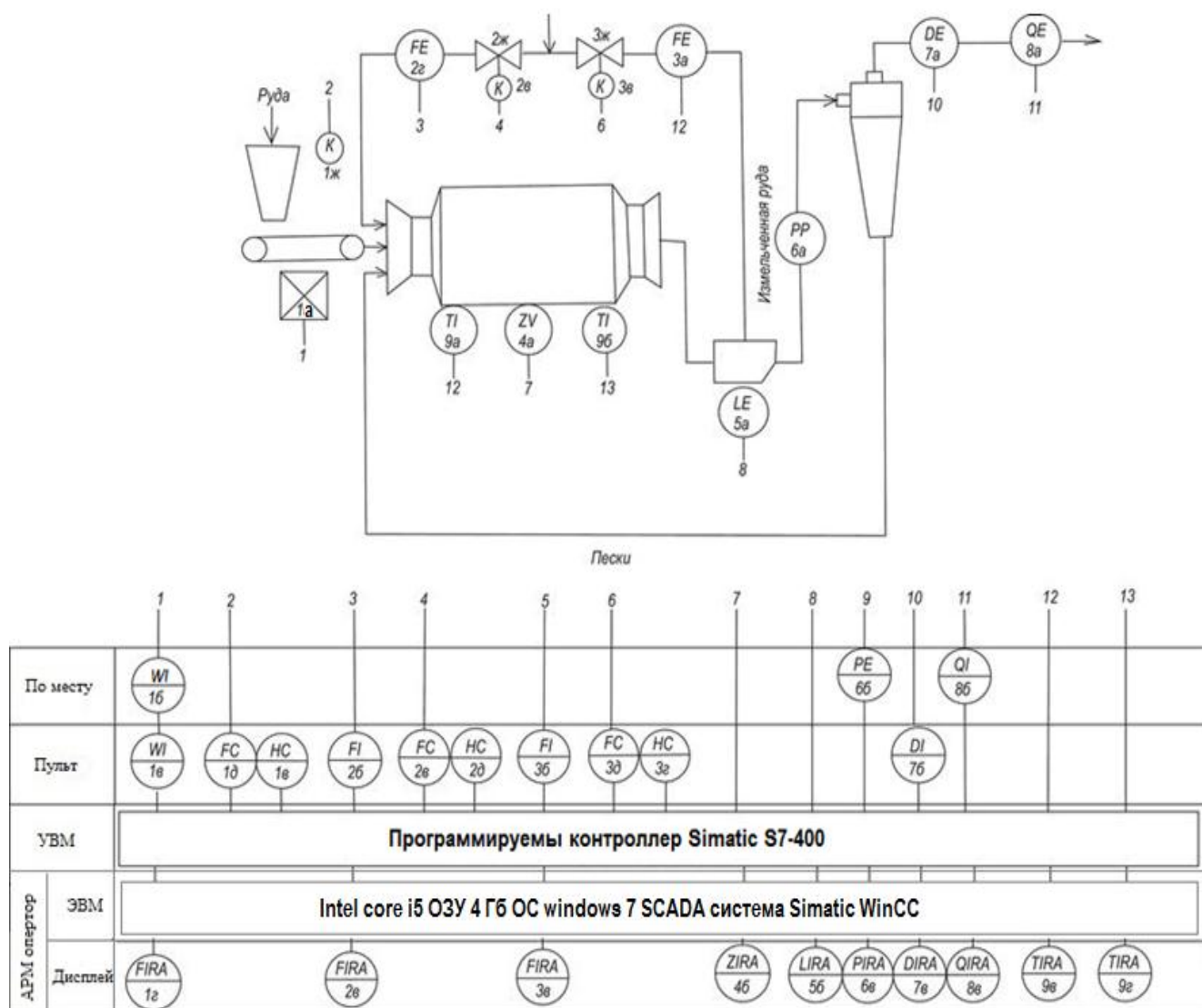


Рисунок 24 - Функциональная схема автоматизации «мельница-гидроциклон»

Контур 1а–1ж – контур управления расходом руды в мельницу. Сигнал с тензометрических весов 1а поступает на индикатор 16, установленный по месту; потом на пульт 1в, далее на УВМ, где на дисплее 1г предусмотрена индикация, регистрация и сигнализация показаний весов, пересчитанных в расходные величины; сигналы с УВМ поступают в блок управления с индикацией 1д, в котором предусмотрено ручное управление процессом 1е; с блока управления управляющий сигнал поступает на исполнительный механизм с ручным приводом (на случай отказа электроники) 1ж.

Контур 2а–2ж – контур управления расходом воды в мельницу. Сигнал с расходомера 2а поступает на индикатор на пульте 26, потом на УВМ, где на дисплее 2в предусмотрена индикация, регистрация и сигнализация показаний расходомера; сигналы с УВМ поступают

в блок управления с индикацией 2г, в котором предусмотрено ручное управление процессом 2д; с блока управления управляющий сигнал поступает на исполнительный механизм с ручным приводом 2е, затем на задвижку 2ж.

Контур 3а–3ж – контур управления расходом воды в зумпф. Сигнал с расходомера 3а поступает на индикатор на пульте 3б, потом на УВМ, где на дисплее 3в предусмотрена индикация, регистрация и сигнализация показаний расходомера; сигналы с УВМ поступают в блок управления с индикацией 3г, в котором предусмотрено ручное управление процессом 3д; с блока управления управляющий сигнал поступает на исполнительный механизм с ручным приводом 3е, затем на задвижку 3ж.

Контур 4а–4б – контур контроля объёмного заполнения мельницы по её акустике. Сигнал с виброакустического анализатора загрузки мельницы (ВАЗМ) 4а поступает на УВМ, которая по этому сигналу вырабатывает управляющие воздействия по загрузке мельницы; на дисплее 4б предусмотрена индикация, регистрация и сигнализация показаний ВАЗМ.

Контур 5а–5б – контур регистрации уровня пульпы в зумпфе. Сигнал с уровнемера 5а поступает на УВМ, где на дисплее 5б предусмотрена индикация, регистрация и сигнализация показаний уровнемера.

Контур 6а–6в – контур регистрации давления потока в гидроциклон. Пневматический сигнал с датчика давления 6а поступает в пневмоэлектрический преобразователь 6б, затем на УВМ, где на дисплее 6в предусмотрена индикация, регистрация и сигнализация показаний датчика давления.

Контур 7а–7в – контур регистрации плотности готового класса. Сигнал с плотномера 7а поступает на индикатор на пульте 7б, потом на УВМ, где на дисплее 7в предусмотрена индикация, регистрация и сигнализация показаний плотномера.

Контур 8а–8в – контур регистрации грансостава готового класса. Сигнал с гранулометра 8а идёт на индикатор, установленный по месту 8б, потом на УВМ, где на дисплее 8в предусмотрена индикация, регистрация и сигнализация показаний гранулометра.

Контур 9а–9г – контур регистрации температуры. Сигнал с термопар 9а и 9б поступает на УВМ, где на дисплее 9в и 9г предусмотрена индикация, регистрация и сигнализация показаний термопар. SIMATIC S7-400 – это модульный программируемый контроллер, предназначенный для построения систем автоматизации средней и высокой степени сложности. Модульная конструкция, работа с естественным охлаждением, возможность применения структур локального и распределенного ввода-вывода, широкие коммуникационные возможности, множество функций, поддерживаемых на уровне операционной системы, удобство эксплуатации и обслуживания обеспечивают возможность

получения рентабельных решений для построения систем автоматического управления в различных областях промышленного производства.

Эффективному применению контроллеров способствует возможность использования нескольких типов центральных процессоров различной производительности, наличие широкой гаммы модулей ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов, функциональных модулей и коммуникационных процессоров. Модульная конструкция, работа с естественным охлаждением, гибкие возможности расширения, мощные коммуникационные возможности, простота создания распределенных систем управления и удобство обслуживания делают SIMATIC S7-400 идеальным средством для решения практически любых задач автоматизации.

Таблица 4 - Спецификация на приборы функциональной схемы

№ по ФСА	Название	Примечание
1а-1е	Ленточный дозатор MULTIDOS Версия 4	Индикатор 16 входит в его состав;
2а, 3а	Ультразвуковой расходомер воды US800	Индикаторы 26 и 36 входят в его состав;
2е-2ж, 3е-3ж	Клапан КСР-Э	
4а	Аппаратно-программный комплекс контроля загрузки мельниц ВАЗМ-1	
5а	Ультразвуковой уровнемер EchoTREK	
6а	Датчик давления DMP 331	
8а	Гранулометр ПИК-074П	Индикатор 86 входит в его состав;
6б	Пневмоэлектрический преобразователь ПЕП-11	
7б	Индикатор технологический микро-процессорный ИТМ-20	
1г-1д 2г-2д, 3г-3д	Блок ручного управления с индикацией БРУ-42	
1в-2в-3в-4в-5б-6в-7в-8в	Монитор 21 дюйм 2 шт.	

Таблица 5 – Условия эксплуатации:

Синусоидальные вибрационные воздействия по IEC 60068-2-6	10 ... 58 Гц с постоянной амплитудой 0.075 мм; 58 ... 500 Гц с постоянным ускорением 9.8 м/с ²
Ударные воздействия по IEC 60068-2-29	10 g, 6 мс, 100 ударов
Температурный диапазон	0 ... +60 °C
Относительная влажность при +25 °C	до 95 %, без конденсата
Атмосферное давление	1080 ... 860 гПа (-1000 ... 1500 м над уровнем моря)
Степень защиты Класс безопасности	IP 20 по IEC 60529 I по IEC 60536 (VDE 0106, часть 1)
Испытательное напряжение изоляции цепей U _e по отношению к другим цепям и земле (IEC 61131-2):	
50 < U _e ≤ 100 В	350 В
50 < U _e ≤ 100 В	700 В
100 < U _e ≤ 150 В	1300 В
150 < U _e ≤ 300 В	2200 В

Программируемые контроллеры SIMATIC S7-400 характеризуются следующими показателями:

- 1) Высокое быстродействие. Выполнение логических инструкций за время, не превышающее 100 нсек.
- 2) Удобные способы настройки параметров. Все модули могут настраиваться с помощью стандартных экранных форм STEP 7.
- 3) Функции обслуживания человеко-машинного интерфейса встроены в операционную систему контроллера. Процедуры передачи данных выполняются автономно, с использованием единых обозначений и баз данных.
- 4) Встроенная система диагностики непрерывно контролирует состояние системы и фиксирует все ошибки и специфические события (таймаут, замена модулей, холодный перезапуск, останов и т.д.). Диагностическая информация накапливается в кольцевом буфере, что позволяет выполнять ее обработку. Защита программного обеспечения. Контроллер обеспечивает парольную защиту от несанкционированного копирования и модификации программ.

5) Переключатель режимов работы. Переключение производится ключом. Удаление этого ключа исключает возможность копирования и изменения программ.

6) Расширенный набор системных функций, поддерживающих обслуживание коммуникационных задач, задач управления программой и т.д. Система автоматизации S7-400 имеет модульную конструкцию. Она может комплектоваться широким спектром модулей, устанавливаемых в монтажных стойках в любом порядке.

Система включает в свой состав:

1) Модули блоков питания (PS): используются для подключения SIMATIC S7-400 к источникам питания =24/ 48/60/ 120/ 230 В или ~120/ 230 В.

2) Модули центральных процессоров (CPU): в составе контроллера могут использоваться центральные процессоры различной производительности. Все центральные процессоры оснащены встроенными интерфейсами PROFIBUS DP. При необходимости, в базовом блоке контроллера может быть использовано до 4 центральных процессоров.

3) Сигнальные модули (SM): для ввода-вывода дискретных и аналоговых сигналов.

4) Коммуникационные модули (CP): для организации последовательной передачи данных через PtP интерфейсу, а также обмена данными через промышленные сети PROFIBUS и Industrial Ethernet.

5) Функциональные модули (FM): для решения специальных задач управления, к которым можно отнести счет, позиционирование, автоматическое регулирование и т.д.

Простота конструкции S7-400 существенно повышает его эксплуатационные характеристики:

6) Простота установки модулей. Модули устанавливаются в свободные разъемы монтажных стоек в произвольном порядке и фиксируются в рабочих положениях винтами. Фиксированные места занимают только блоки питания, первый центральный процессор и некоторые интерфейсные модули.

7) Внутренняя шина, встроенная в монтажные стойки. Во все монтажные стойки встроена параллельная шина (Р-шина) для скоростного обмена данными с сигнальными и функциональными модулями. Все стойки, за исключением ER и ER2 имеют последовательную коммуникационную шину (К-шину) для скоростного обмена большими объемами данных с функциональными модулями и коммуникационными процессорами.

8) Механическое кодирование фронтальных соединителей, исключающее возможность возникновения ошибок при замене модулей.

9) SIMATIC TOP Connect: система 1-, 2- и 3-проводных соединителей с терминалами, оснащенными контактами с винтовыми зажимами или пружинными контактами, существенно упрощающая и ускоряющая выполнение монтажных работ.

10) Фиксированная монтажная глубина: все фронтальные соединители и соединительные проводники располагаются в специальных отсеках модулей и закрываются защитными дверцами. Все модули имеют одинаковую монтажную глубину.

11) Свободное размещение модулей в разъемах всех монтажных стоек контроллера без ограничений на порядок их размещения [16].

4. Социальная ответственность

4.1.1. Производственная безопасность.

Производственная безопасность обусловлена взаимодействием между людьми и самой работой, характером задействованных материалов, машин и оборудования, средой, факторами экономического порядка, например, производительностью. В идеале работа не должна оказывать негативного влияния на здоровье или наносить ущерб физическому состоянию занятых, а также не должна быть чрезмерно тяжелой. С экономической же точки зрения она должна обеспечивать максимально возможный уровень производительности.

Производственная безопасность должна закладываться уже на этапе планирования и обеспечиваться на всех этапах производственного процесса. Соответственно требования по технике безопасности должны быть предъявлены до начала работ и утверждаться на всем продолжении производственного цикла, в частности, таким образом, чтобы их эффективность поддавалась последующей оценке. На этапе планирования должна быть распределена ответственность по обеспечению здоровых и безопасных условий труда персонала. В ходе промышленного производственного процесса происходит взаимодействие людей и объектов. (В данном случае термин "объекты" имеет гораздо более широкое значение, чем элемент системы "человек-(машина)-среда" и охватывает не только собственно орудия труда и материалы, но и, скажем, пол цеха, лестницы, электроток, газ, пыль, воздух и т.д.)

4.1.2. Анализ вредных факторов производственной среды .

Основными носителями вредных факторов в производственной среде являются химически и биологически активные предметы труда, источники энергии, нерегламентированные действия работающих, нарушения режимов и организации деятельности, а также отклонения от допустимых параметров микроклимата рабочей зоны.

На человека в процессе его трудовой деятельности могут воздействовать опасные (вызывающие травмы) и вредные (вызывающие заболевания) производственные факторы. Опасные и вредные производственные факторы (ГОСТ 12.0.003-74) подразделяются на четыре группы: физические, химические, биологические и психофизиологические.

Уровни воздействия на работающих вредных производственных факторов нормированы предельно-допустимыми уровнями, значения которых указаны в соответствующих стандартах системы стандартов безопасности труда и санитарно-

гигиенических правила.

Повышенное содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Воздушная среда производственных помещений, в которой содержатся вредные вещества в виде пыли и газов, оказывает непосредственное влияние на безопасность труда. Воздействие пыли и газов на организм человека зависит от их ядовитости (токсичности) и концентрации в воздухе производственных помещений, а также продолжительности пребывания человека в этих помещениях.

Пыль является наиболее распространенным неблагоприятным фактором производственной среды. Многочисленные технологические процессы и операции в промышленности, на транспорте, в сельском хозяйстве сопровождается образованием и выделением пыли, ее воздействию могут подвергаться большие контингенты работающих. Она может оказывать на человека фиброгенное, раздражающее и токсическое действие. Фиброгенное действие пыли проявляется в разрастании соединительной ткани в легких. К средствам индивидуальной защиты от пыли относятся респираторы, маски, полумаски, которые способны надежно защитить дыхательные органы от попадания в них опасных веществ. Обеспечение сотрудников предметами защиты от пыли на предприятии должно выполняться бесплатно. Стоит отметить, что все изделия для индивидуальной защиты дыхательных путей должны быть качественными, надежными и прочными. Кроме такой характеристики, как качество, предметы защиты должны обладать и аккуратным внешним видом.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны установлены ГОСТом ССБТ12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» .

Снижение уровня воздействия на работающих вредных веществ или его полное устранение достигается путем проведения технологических, санитарно-технических, лечебно-профилактических мероприятий и применением средств индивидуальной защиты.

Производственный шум

Шумом называются любые нежелательные для человека звуки, мешающие труду или отдыху и создающие акустический дискомфорт.

Допустимые шумовые характеристики рабочих мест регламентируются ГОСТ 12.1.003-83 "Шум, общие требования безопасности" (изменение I. III.89) и Санитарными нормами допустимых уровней шума на рабочих местах (СН 3223-85) с изменениями и дополнениями от 29.03.1988 года №122-6/245-1. По характеру спектра шумов подразделяются на широкополосные и тональные. По временным характеристикам шумов подразделяются на постоянные и непостоянные. В свою очередь непостоянные шумов подразделяются на

колеблющиеся во времени, прерывистые и импульсные . В качестве характеристик постоянного шума на рабочих местах, а также для определения эффективности мероприятий по ограничению его неблагоприятного влияния, принимаются уровни звукового давления в децибелах (дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц.

Основными нормативно-техническими документами в области шумового воздействия являются ГОСТ 12.1.050-86 «ССБТ. Методы измерения шума на рабочих местах», ГН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».

Вибрация

Вибрация - это механическое колебательное движение системы с упругими связями. Она возникает, например, при эксплуатации транспортных средств и оборудования; используется для производственных целей для выполнения технологических операций (уплотнение материалов, забивка свай в грунт, разгрузка транспортных средств). Вызывает быструю утомляемость и заболевания людей, она вызывает заболевания суставов, может нарушить двигательные рефлексы человека. Наиболее чувствителен организм к частотам от 200 до 250 Гц. Особенно опасны колебания в диапазоне 6...9 Гц, так как внутренние органы человека имеют такую же собственную частоту. При совпадении собственных частот с внешними резко нарастает амплитуда вынужденных колебаний. Это явление называется резонансом. Воздействие общей вибрации в резонансной зоне весьма опасно, так как может стать причиной повреждения внутренних органов человека. Резонанс также приводит к расстройству зрительного восприятия.

Профилактические меры по защите от вибраций заключаются в уменьшении их в источнике образования и на пути распространения, а также в применении индивидуальных средств защиты, проведении санитарных и организационных мероприятий.

Средства индивидуальной и коллективной защиты — технические средства, используемые для предотвращения или уменьшения воздействия на работников вредных производственных факторов, а также для защиты от загрязнения. Спец одежда х/б, ботинки кожаные устойчиво подошва к стружкам, очки, респиратор.

4.1.3. Анализ опасных факторов производственной среды .

Производственное помещение, где установлены синхронные двигатели (машинный зал) и шкафы с низковольтным оборудованием, по степени опасности поражения людей электрическим током относится к помещениям с повышенной опасностью. Все токоведущие

части защищены от случайного прикосновения, а шкаф возбуждителя имеет надежное заземление, подключенное к заземляющему контуру стальной полосой.

При обслуживании оборудования шаровой мельницы выявляются следующие опасные факторы:

1. возможность механических травм от вращающихся деталей и узлов;
2. возможность поражения электрическим током.

Значительное количество несчастных случаев от поражения электрическим током связано с тем, что нарушается изоляция электроприемников. Для защиты людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции должна быть применена, по крайней мере, одна из следующих защитных мер: заземление, зануление, защитное отключение, разделительный трансформатор, малое напряжение, двойная изоляция, выравнивание потенциалов.

Защитное заземления - преднамеренное соединение с землёй или её эквивалентом металлических нетоковедущих частей электроприёмников (электроустановок), которые могут оказаться под напряжением (ГОСТ 12.1.009 - 76. ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения).

Зануление - преднамеренное электрическое соединение металлически нетоковедущих частей электроприёмников (электроустановок) с нейтральной точкой трансформатора питающей подстанции металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением (ГОСТ 12.1.009 - 76. ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения).

4.2. Экологическая безопасность

Экологическая безопасность-это совокупность состояний, процессов и действий, обеспечивающая экологический баланс в окружающей среде и не приводящая к жизненно важным ущербам (или угрозам таких ущербов), наносимым природной среде и человеку . Это также процесс обеспечения защищенности жизненно важных интересов личности, общества, природы, государства и всего человечества от реальных или потенциальных угроз, создаваемых антропогенным или естественным воздействием на окружающую среду. Объектами ЭБ являются права, материальные и духовные потребности личности, природные ресурсы и природная среда или материальная основа государственного и общественного развития.

4.2.1. Защита атмосферы

Атмосфера — газовая оболочка небесного тела, удерживаемая около него гравитацией.

В настоящее время воздействие человека на окружающую среду определяется значительными выбросами в атмосферу, водопотребления для промышленных целей. Исходя из современной классификации пылеулавливающих систем, основанной на принципиальных особенностях процесса очистки, пылеочистное оборудование можно разделить на четыре группы: сухие пылеуловители, мокрые пылеуловители, электрофильтры и фильтры. Пылеуловители различных типов, и том числе и электрофильтры, применяют при повышенных концентрациях примесей в воздухе. Загрязнение окружающей среды увеличивается из-за снижения технического уровня производства, износа оборудования, сокращения капитальных вложений на природоохранные мероприятия. Экологические последствия загрязнения атмосферы к важнейшим экологическим последствиям глобального загрязнения атмосферы относятся: возможное потепление климата (парниковый эффект); нарушение озонового слоя; выпадение кислотных дождей; ухудшение здоровья.

4.2.2. Защита гидросферы

Методы и технологическое оборудование для очистки гидросферы можно выбрать, зная виды примесей, а также допустимые концентрации этих примесей в очищенных сточных водах. В соответствии с видами процессов, реализуемых при очистке, существуют механические, физико-химические и биологические методы очистки.

1. Механическая очистка — процеживание, отстаивание, обработка в поле действия центробежных сил и фильтрование. Процеживание производят в решетках и волокноуловителях с перфорированными дисками в виде движущихся сеток с нанесенным слоем волокнистой массы.
2. Физико-химические методы очистки используют для очистки от растворенных примесей и от взвешенных веществ. Флотация — для интенсификации процесса всплывания масляных продуктов при обволакивании их частиц пузырьками газа, подаваемого в сточную воду. Экстракция основана на перераспределении примесей в смеси с двумя взаимно нерастворимыми жидкостями.

Модернизацией технологии подачи руды и воды в мельницу мы экономим расход воды в 2 раза тем самым защищаем гидросферу.

4.2.3. Защита литосферы

Литосфера – это каменная оболочка Земли, включающая земную кору мощностью (толщиной) от 6 (под океанами) до 80 км (горные системы). Верхняя часть литосферы в настоящее время подвергается все более возрастающему антропогенному воздействию. Методы защиты литосферы Можно выделить следующие основные направления: 1. Защита почв (см. гл.7). 2. Охрана и рациональное использование недр: наиболее полное извлечение из недр основных и попутных полезных ископаемых; комплексное использование минерального сырья, включая проблему утилизации отходов. 3. Рекультивация нарушенных территорий. Рекультивация – это комплекс работ, проводимых с целью восстановления нарушенных территорий (при открытой разработке месторождений полезных ископаемых, в процессе строительства и др.) и приведения земельных участков в безопасное состояние. 4. Защита массивов горных пород: · Защита от подтопления – организация стока грунтовых вод, дренаж, гидроизоляция; · Защита оползневых массивов и селеопасных массивов – регулирование поверхностного стока, организация ливневых коллекторов.

После срока эксплуатации шаров, футеровок и саму мельницу предполагается утилизировать на полигонах ТБО.

4.3. Безопасность жизнедеятельности в чрезвычайных ситуациях

В комплекс противопожарных мероприятий входят предупреждение возникновения пожара, ограничение распространения огня при возникновении пожара, создание условий для успешной эвакуации людей из горящего здания и обеспечение условий для быстрой локализации пожара. Категория показана в таблице 11.

С целью предупреждения пожаров и ограничения распространения огня предусматривается требуемая огнестойкость зданий.

В целях обеспечения безопасности рабочих и наиболее быстрого устранения ситуаций, угрожающих здоровью либо жизни людей в помещении, предусмотрен комплекс мер по предупреждению и устранению подобных ситуаций, а также, средства защиты и пожаротушения. К ним относятся огнетушители, системы пожаротушения и сигнализация.

В качестве строительных материалов и конструкций применяются негорючие и трудногорючие изделия. Здания и сооружения выполнены из негорючих материалов. Эвакуационные пути обеспечивают эвакуацию всех людей в течение необходимого времени.

Таблица 6 - Категорирование помещений

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся в помещении
1	2
А Взрывопожароопасная	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа
Б Взрывопожароопасная	Горючие пыли и волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28 °С в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа
В1-В2 Пожароопасные	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыль и волокна), вещества и материалы, способные при воздействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются не относятся к категориям А или Б
Г	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени; горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива
Д	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии

В любых помещениях имеются такие горючие материалы, как мебель и бумага, поэтому они относятся, как минимум, к категории В. А отсутствие в помещении горючей пыли, волокон и легковоспламеняющихся жидкостей дает основание отнести помещение пульта оператора к категории В - пожароопасная. Для конкретизации категории произведем расчет пожарной нагрузки.

4.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Государственный надзор и контроль в организациях независимо от организационно-правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами.

Согласно [6] в условиях непрерывного производства нет возможности использовать режим рабочего времени по пяти - или шестидневной рабочей неделе. По этой причине применяются графики сменности, обеспечивающие непрерывное обслуживание производственного процесса, работу персонала сменами постоянной продолжительности, регулярные выходные дни для каждой бригады, постоянный состав бригад и переход из одной смены в другую после дня отдыха по графику. На объекте применяется четырех бригадный график сменности. При этом ежесуточно работают три бригады, каждая в своей смене, а одна бригада отдыхает. При составлении графиков сменности учитывается положение ст. 64 ТК[6] о предоставлении работникам еженедельного непрерывного отдыха продолжительностью не менее 42 часов.

Государственный надзор и контроль в организациях независимо от организационно-правовых форм и форм собственности осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами.

К таким органам относятся:

- Государственная инспекция труда;
- Государственная экспертиза условий труда служба по труду и занятости населения (Минтруда Республики Узбекистана служба по экологическому (Госгортехнадзор, Госэнергонадзор,)).
- Так же в стране функционирует Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (МЧС).

5 Экономическая часть

5.1 Определение цены двухстадийной разработки проектной документации для установки датчика ПИК-074П

Исходные данные:

- Характер протекания управляемого технологического процесса во времени, Φ_2 - непрерывный (с длительным поддержанием режимов, близких к установившимся и практически безостановочной подачей сырья и реагентов)
- Количество технологических операций, контролируемых или управляемых АСУ ТП, $\Phi_5=5$;
- Степень развитости информационных функций АСУ ТП, Φ_6 - 1 степень параллельные контроль и измерение параметров состояния ТОО;
- Степень развитости управляющих АСУ ТП, Φ_7 - 1 степень - одноконтурное автоматическое регулирование или автоматическое одноконтурное логическое управление (переключения, блокировки и т.п.);
- Режим выполнения управляющих функций АСУ ТП, Φ_8 - автоматический режим косвенного управления (режим выполнения функции АСУ ТП, при котором комплекс средств автоматизации АСУ ТП автоматически изменяет установки и (или) параметры настройки систем локальной автоматики технологического объекта управления;

Количество переменных, измеряемых, контролируемых и регистрируемых АСУ ТП, $\Phi_9=24$ [20];

Количество управляющих воздействий, вырабатываемых АС, $\Phi_{10}=5$;

Условия применения коэффициентов:

K_4 -АС является повторно применяемой;

$K_{10,3}$ -Запыленная или агрессивная (коррозионно-активная) окружающая среда;

K_{13} -АС создается на действующем объекте управления.

С заказчиком согласованы следующие значения коэффициентов:

$K_4=1,25$; $K_{10,3}=1,05$; $K_{13}=1,05$

5.1.1 Расчет базовой цены разработки ТЗ

Определяем сумму баллов $\Sigma Б_{ТЗ} = 5+1+1=7$

Принимаем цену разработки ТЗ, $Стз \Sigma Б = 0,183$ млн.руб. [20];

Определяем повышающий коэффициент:

$A = 1+(0,25+0,05+0,05)=1,35$

с учетом коэффициентов базовая цена разработки составит :

$$B=0,183 \cdot 1,35 = 0,248$$

Рыночная стоимость датчика ПИК-074П составляет 900 тыс. руб.[21].

Принимаем базовые цены разработки каждой из частей проектной документации ($S_{\text{ч}}$ Σ Б) [20];

для ОР 0,150 млн. руб.

для ОО 0,105 млн. руб.

для ИО 0,176 млн. руб.

для ТО 1,198 млн. руб., в стоимость ТО добавили стоимость датчика ПИК-074П;

для МО 0,115 млн. руб.

для ПО 0,109 млн. руб.

Принимаем общий повышающий коэффициент [20];

$$C=1,04$$

С учетом коэффициентов базовые цены разработки частей проектной документации на АСУ ТП составят:

для ОР $0,150 \cdot 1,04 = 0,156$ млн. руб.

для ОО $0,105 \cdot 1,04 = 0,109$ млн. руб.

для ИО $0,176 \cdot 1,04 = 0,183$ млн. руб.

для ТО $1,198 \cdot 1,04 = 1,25$ млн. руб.

для МО $0,115 \cdot 1,04 = 0,119$ млн. руб.

для ПО $0,109 \cdot 1,04 = 0,113$ млн. руб.

В стоимость ТО (техническое обеспечение) входит стоимость датчика ПИК-074П, стоимость установки и наладки.

Определяем общую базовую цену разработки проекта АСУ ТП:

$$\Pi = 0,156 + 0,109 + 0,183 + 1,25 + 0,119 + 0,113 = 1,93 \text{ млн. руб.}$$

С заказчиком согласовано распределение базовой цены двухстадийной разработки проектной документации на АСУ ТП по стадиям. Итоговые результаты приведены в таблице 16:

Таблица 7 - Итоговые результаты расчета базовой цены двухстадийной разработки

Части проектной документации АСУТП	Базовая цена двухстадийной разработки, млн. руб.	В том числе	
		Проект, млн. руб.	Документация, млн. руб.
Общественные решения (ОР)	0,156	0,125	0,031
Организационное обеспечение (ОО)	0,109	0,033	0,076
Информационное обеспечение (ИБ)	0,183	0,0915	0,0915
Техническое обеспечение (ТО)	1,25	1,08	0,170
Математическое обеспечение (МО)	0,119	0,108	0,011
Программное обеспечение (ПО)	0,113	0,017	0,096
Всего:	1,93	1,455	0,475

Общие затраты ($Z_{\text{общ}}$) на проектирование складываются из затрат на техническое задание и затрат на рабочий проект, состоящий из технического проекта и рабочей документации:

$$Z_{\text{общ}} = 1,93 + 0,248 = 2,178 \text{ млн. руб.}$$

Осуществление мероприятий, изложенных в данном проекте, потребует затрат на проектирование в размере 2,178 млн. руб., в том числе на разработку технического задания потребуется 0,248 млн. руб., технического проекта 1,455 млн. руб., рабочей документации 0,475 млн. руб.

5.2 Определение срока окупаемости

5.2.1 Расчет периода срока окупаемости

Объём производства продукции в натуральном выражении за первый год составляет $B_1 = 1000000$ т.

Объём производства продукции в натуральном выражении за второй год за счет внедрения АС и установки датчика составляет $B_2 = 1200000$ т.

Количество человек до внедрения автоматизированной системы $Ч_1 = 10$ ч.

Количество человек после внедрения автоматизированной системы $Ч_2 = 5$ ч.

Количество электроэнергии до внедрения автоматизированной системы $\mathcal{E}_1 = 60$ млн. кВт.ч.

Количество электроэнергии после внедрения автоматизированной системы $\mathcal{E}_2 = 40$ млн. кВт.ч

5.2.2 Выручка от реализации шихты

$\Pi = 11000$ р/т [3]

Π – оптовая цена продукции

Годовая выручка от реализации продукции рассчитывается по формуле (37):

$$РП_{i\text{год}} = B_i \cdot \Pi \quad (37)$$

$$РП_{1\text{год}} = 1000000 \cdot 11 = 11000000 \text{ р}$$

$$РП_{2\text{год}} = 1200000 \cdot 11 = 13200000 \text{ р}$$

Затраты на заработную плату сотрудникам считается по формуле (38):

$$\Phi OT_{i\text{год}} = Ч_i \cdot 12 \cdot \text{ср.зп} \quad (38)$$

$$\Phi OT_{1\text{год}} = 10 \cdot 12 \cdot 24000 \cdot 1,3 = 3744000 \text{ руб.}$$

$$\Phi OT_{2\text{год}} = 5 \cdot 12 \cdot 24000 \cdot 1,3 = 1872000 \text{ руб.}$$

Годовые затраты на производство (себестоимость) рассчитывается по формуле (39):

$$C_{(i+1)\text{год}} = C_{i\text{год}} - \mathcal{E}_i + \mathcal{E}_i - \Phi OT_{i\text{год}} + \Phi OT_{(i+1)\text{год}} \quad (39)$$

$$C_{1\text{год}} = 8000000 \text{ руб.}$$

$$C_{2\text{год}} = 8000000 + 5000000 \cdot (60 - 40) - 3744000 + 1872000 = 6128020 \text{ руб.}$$

Годовая прибыль рассчитывается по формуле (40):

$$\Pi_i = \text{Р}\Pi_i - C_i \quad (40)$$

$$\Pi_1 = 11000000 - 8000000 = 3000000 \text{ руб.}$$

$$\Pi_2 = 13200000 - 6128020 = 7071980 \text{ руб.}$$

Прирост прибыли :

$$\Delta\Pi = 7071980 - 3000000 = 4071980 \text{ руб.}$$

Расчет срока окупаемости рассчитывается по формуле (41):

$$T_{\text{ок}} = \frac{Z_{\text{обш}}}{\Delta\Pi} \quad (41)$$

$$T_{\text{ок}} = 0,43 \text{ года.}$$

5.3 Сетевой график

Расчет времени на установку датчика Гранулометр ПИК-074П проводится при помощи сетевого планирования. События сетевого графика представлены в таблице 14, а сетевой график установки гранулометра на рисунке 26.

После рассмотрения всех событий установки датчика необходимо произвести расчет параметров сетевого графика.

Таблица 8 – события сетевого графика

Номер работы	Продолжительность, сутки	Событие
1-2	10	Подготовка объекта на установку датчика
1-3	3	Подготовка датчика к использованию
2-4	7	Исследование объекта
3-4	4	Установка датчика на объект
4-5	6	Запуск датчика
5-6	5	Проверка работоспособности датчика с объектом
6-7	3	Обработка результатов
7-8	2	Заключение

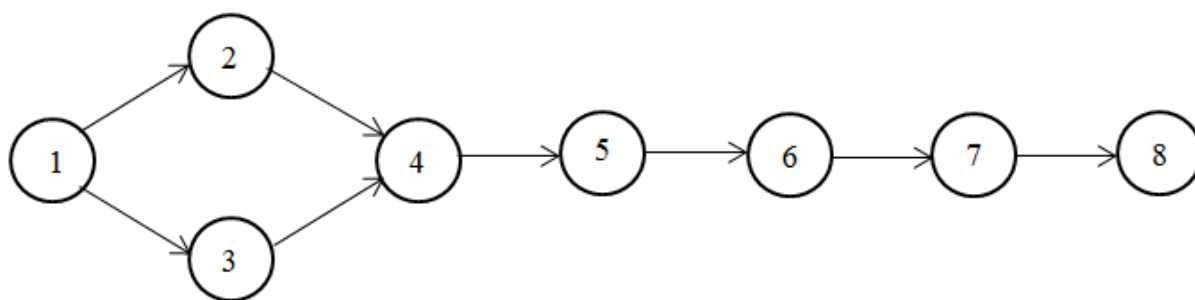


Рисунок 25 - Сетевой график установки датчика ПИК-074П

Расчет сетевого графика производится по следующим формулам (43-46);

$$t_{ij}^{po} = t_{ij}^{pn} + t_{ij}, \quad (43)$$

где t_{ij}^{po} – раннее окончание работы, сутки;

t_{ij}^{pn} – раннее начало работы, сутки;

t_{ij} – время выполнения работы, сутки.

$$t_{jk}^{pn} = \max(t_{ij}^{po}), \quad (43)$$

где t_{jk}^{pn} – раннее начало предыдущей работы, сутки;

t_{ij}^{po} – раннее окончание работы, сутки.

$$t_{ij}^{no} = \min(t_{jk}^{pn}), \quad (44)$$

где t_{ij}^{no} – позднее окончание работы, сутки;

t_{jk}^{pn} – позднее начало предыдущей работы, сутки.

$$R_{ij} = t_{ij}^{pn} - t_{ij}^{po} = t_{ij}^{no} - t_{ij}^{po}, \quad (45)$$

где R_{ij} – полный резерв времени или максимальное время, на которое можно перенести начало данной работы или увеличить её продолжительность, не изменяя при этом критического пути, сутки.

$$r_{ij} = t_{jk}^{pn} - t_{ij}^{po}, \quad (46)$$

где r_{ij} – частный резерв времени или максимальное время, на которое можно перенести начало данной работы или увеличить её продолжительность, не изменив при этом ранних сроков начала следующей работы, сутки.

Расчет сетевого графика представлен в таблице 15.

Таблица 9 – Расчет сетевого графика

Номер работы	t_{ij} ,сутки	t_{ij}^{pn} ,сутки	t_{ij}^{po} ,сутки	t_{ij}^{nn} ,сутки	t_{ij}^{no} ,сутки	R_{ij} ,сутки	r_{ij} ,сутки
1	2	3	4	5	6	7	8
1-2	10	0	10	0	10	0	0
1-3	3	0	3	10	13	10	0

Продолжение таблицы 9

1	2	3	4	5	6	7	8
2-4	7	10	17	10	17	0	0
3-4	4	3	7	13	17	10	10
4-5	6	17	23	17	23	0	0
5-6	5	23	28	23	28	0	0
6-7	3	28	31	28	31	0	0
7-8	2	31	33	31	33	0	0

Критический путь составляет 33 сутки. Построение и анализ сетевого графика помогли представить объем работ, необходимый для установки датчика ПИК-074П.

5.4 Технико-экономические показатели проекта

Таблица 10 – Технико-экономические показатели проекта

Параметр	Базовая	Проект
Общие затраты на датчик ПИК-074П, млн. руб.	-	0,9
Затраты на заработную плату сотрудникам, млн. руб.	3,7	1,9
Полная себестоимость, млн. руб.	8	6,1
Годовая прибыль, млн. руб.	3	7,1
Срок окупаемости, год	-	0,43

Выводы

В данной выпускной квалификационной работе было проведено исследование процесса измельчения и работы измельчительного комплекса с помощью математической модели. По данной модели были построены статистические зависимости «количество готового класса» от управляющих переменных «исходная загрузка» и «количество воды».

В выпускной квалификационной работе было исследовано и разработано множество различных режимов работы измельчительного комплекса, схем и алгоритмов. Перечислим основные исследования и разработки данной выпускной квалификационной работы:

1) разработана схема цепи агрегатов технологического комплекса измельчения. В которой показаны агрегаты измерительного комплекса и движения потоков руды, воды, песков и готового класса;

2) Проведено исследование и построены статические характеристики зависимостей выхода готового класса от входного потока руды, текучести пульпы, от степени заполнения мельницы и от постоянной времени гидроциклона;

3) Разработан алгоритм для оптимального управления измельчительным комплексом;

4) Разработана функциональная схема автоматизации с описанием контуров и спецификацией на приборы, выбран и представлен подходящий контроллер для данной АСУ;

5) Выполнен анализ потенциально опасных и вредных факторов по основным операциям измельчения руды и разработаны технические меры защиты от них;

6) Произведен расчет стоимости двухстадийной разработки проектной документации для АСУ ТП и расчет срока окупаемости. Составлен сетевой график установки датчика ПИК-074П и определен критический путь. Дипломный проект составлен в соответствии с [22].

Список использованных источников

- 1 Алмалыкский горно – металлургический комбинат // общая информация / АГМК.- URL: <http://www.agmk.uz/index.php> (дата обращения 22.03.2017).
- 2 Адамов Э.В. Технология руд цветных металлов, изд. «Металлургия» 2007. – С.82-97.
- 3 Морозов В.В., Топчаев В.П., Улитенко К.Я., Ганбаатар З., Дэлгэрбат Л., Разработка и применение автоматизированных систем управления процессами обогащения полезных ископаемых // разработка автоматизации для системы измельчения, изд. «Руда и Металлы» 2012. –С. 227- 252.
- 4 Улитенко К.Я., Соколов И.В., Маркин Р.П., Найденов А.П. Автоматизация процессов измельчения в обогащении и металлургии // Цветные металлы. 2005.-№ 10.- С. 54-59.
- 5 Разумов К.А., Перов В.А., «Проектирование обогатительных фабрик», изд. «Недра», 2002.-С. 40-46
- 6 Улитенко К.Я., Попов В.П. Автоматическая защита барабанных мельниц от перегрузок. Обогащение руд. № 2 - 2004.
- 7 Ковшов В.Д. Автоматизация технологических процессов. 4.1 М.: "Нефти и газ", 2004. С. 132.
- 8 Ковшов В.Д. Автоматизация технологических процессов. 4.2 М.: "Нефти и газ", 2004. С. 98.
- 9 Хлытчиев СМ. Основы автоматики и автоматизации производственных процессов, изд. «Москва», 2010.
- 10 Авдохин В.М. «Основы обогащения полезных ископаемых» том 2, изд. «Москва» - 2008.
- 11 Грейсух М.В., Зытнер Д.Я., Писарский Я.Л. «Электрооборудование и автоматизация обогатительных и агломерационных фабрик», 2010.
- 12 Абрамов А.А. «Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых. Обогатительные процессы и аппараты» Т. 1 - 2008.
- 13 Кармазин В.И., Младецкий И.К., Пилов П.И. «Расчеты технологических показателей обогащения полезных ископаемых» - 2008.

14 Абрамов А.А. «Технология переработки и обогащения руд цветных металлов» Том III. Кн. изд. «Москва» - 2008.

15 Контроллер SIMATIC S7 – 400 // контроллеры // общая информация / http://www.ste.ru/siemens/pdf/rus/07_S7-400_r.pdf (дата обращения 15.03.2017).

16 Мастрюков Б.С. Учебник // Безопасность жизнедеятельности, изд. «Академия» - 2012. – С. 39.

17 СанПиН 2.2.1/2.1.1.567-96. Санитарно-защитные зоны, санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. Санитарные нормы и правила. – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997.

18 Невский Е.С. // Лабораторный практикум / Безопасность жизнедеятельности , изд. «НИТПУ»

19 Салихов З.Г. По стадиям, этапам создания автоматизированных систем и расчета базовых цен на разработку технической документации // справочник, изд. «Теплоэнергетик» - 2006. – С. 6 - 40.

20 Тендеры и закупки // информация стоимости / датчики – URL: <http://rostender.info/> (дата обращения 17.04.2017).

Приложение А

Расчет готового класса в мельнице

```
k1_0 = 0.4;
k2_0 = 0.3;
k3_0 = 0.23;
k4_0 = 0.07;
a1 = 2.3;
a2 = 1.23;
a3 = 0.73;
a4 = 0.23;
m1 = 2;
m2 = 4;
m3 = 6;
m4 = 8;
t = [0 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1 1.1 1.2 1.3 1.4 1.5 1.6 1.7 1.8 1.9 2];
t1 = [4 4.1 4.2 4.3 4.4 4.5 4.6 4.7 4.8 4.9 5 5.1 5.2 5.3 5.4 5.5 5.6 5.7 5.8 5.9 6];
K1_1 = k1_0*exp(-a1*t.^m1);
K2_1 = k2_0*exp(-a2*t.^m2);
K3_1 = k3_0*exp(-a3*t.^m3);
K4_1 = k4_0*exp(-a4*t.^m4);
K5_1 = 1 - (K1_1+K2_1+K3_1+K4_1);
plot(t1,K1_1,'-', t1, K2_1,'-',t1,K3_1,'-',t1,K4_1,'-',t1,K5_1,'-', 'LineWidth',1.5);
h = legend('Первый класс крупности, 15мм','Второй класс крупности, 5мм','Третий класс
крупности, 1мм','Четвертый класс крупности, 0,2мм','Класс требуемой крупности, 0,076мм');
grid
title('Процесс мокрого измельчения в шаровой мельнице');
xlabel('Время, мин')
ylabel('Количество класса крупности в мельнице, доли')
```

Приложение Б

Расчет математической модели процесса измельчения

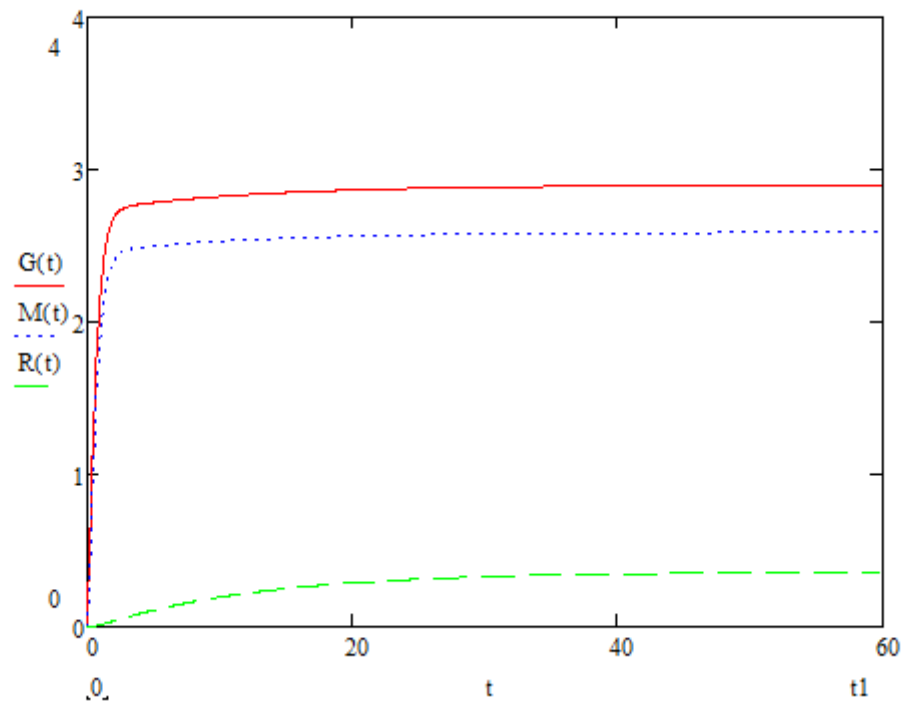


Рисунок Б1

где $G(t)$ -Заполнение мельницы материалов;

$M(t)$ -Масса готового класса;

$R(t)$ -Величина потока рециркулирующих песков;

t - Время.