

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт цветных металлов и материаловедения

Кафедра автоматизации производственных процессов в металлургии

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ Т.В. Донцова  
подпись

«\_\_» июля 2020 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

**«Автоматизация процесса измельчения бокситовой руды»**

Направление 15.03.04 Автоматизация технологических процессов  
и производств

Профиль подготовки 15.03.04.01 Автоматизация технологических  
процессов и производств (в металлургии)

Руководитель	_____	доцент, канд. техн. наук	Г.Б. Даныкина
	подпись, дата		
Выпускник	_____		М.Э. Хадсон
	подпись, дата		
Нормоконтролер	_____		Г.Б. Даныкина
	подпись, дата		

Красноярск 2020

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт цветных металлов и материаловедения

Кафедра автоматизации производственных процессов в металлургии

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ Т.В. Донцова  
подпись

«\_\_\_» июля 2020 г.

**ЗАДАНИЕ  
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ  
в форме бакалаврской работы**

Студенту

Хадсон Микель Эксель

фамилия, имя, отчество

Группа

ЦМ16-16Б

Направление

15.03.04 Автоматизация

технологических процессов и производств

Тема выпускной квалификационной работы

«Автоматизация процесса

измельчения бокситовой руды»

Утверждена приказом по университету № 7434/с от 09.06.2020 г.

Руководитель ВКР

Г.Б. Даныкина, доцент, канд. техн. наук, каф. АППМ

инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР: материалы производственной и преддипломной практики, техническая и специальная литература, технологический

регламент, интернет ресурсы.

Перечень разделов ВКР: Технология процесса измельчения бокситовой

руды, Автоматизация процесса измельчения бокситовой руды, Расчет АСР

соотношения расходов руда-вода на входе в мельницу, Анализ опасных и

вредных производственных факторов

Перечень графического материала: схема автоматизации

Руководитель ВКР

\_\_\_\_\_

подпись

Г.Б. Даныкина

Задание принял к исполнению

\_\_\_\_\_

подпись

М.Э.Хадсон

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Автоматизация процесса измельчения бокситовой руды» содержит 72 страницы текстового документа, 25 рисунков, 17 таблиц, 15 использованных источников, приложение А, состоящее из 6 страниц.

**ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ, ШАРОВАЯ МЕЛЬНИЦА, АВТОМАТИЗАЦИЯ, ПЕРЕХОДНОЙ ПРОЦЕСС, ЗАПАС УСТОЙЧИВОСТИ, МОДЕЛИРОВАНИЕ, SIMINTECH.**

В выпускной квалификационной работе рассмотрена технология процесса измельчения бокситовой руды, а также конструкция шаровой мельницы.

Процесс измельчения бокситовой руды рассмотрен как объект управления. Выбраны и обоснованы контролируемые и регулируемые параметры процесса. Для контроля и регулирования выбраны средства автоматизации АСУТП, дано описание схемы автоматизации.

В расчетной части работы рассмотрена АСР соотношения расходов руда-вода на входе в мельницу. Разработаны модели объекта управления по расходам руды и воды в мельницу, для АСР расхода воды выбран ПИД-регулятор и рассчитаны его настройки, а также определены их оптимальные значения. Полученная система исследована на устойчивость по критерию Найквиста. По частотным показателям качества определено, что найденная система имеет запас устойчивости по фазе и по амплитуде. С использованием ПП SimInTech смоделирована АСР соотношения расходов руда-вода на входе в мельницу, приведены графики выходных параметров.

Выполнен анализ опасных и вредных производственных факторов.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Технология процесса измельчения бокситовой руды .....	6
1.1 Общая технологическая схема предприятия .....	7
1.2 Принцип процесса измельчения бокситовой руды .....	10
1.3 Краткие сведения о мельнице мокрого измельчения МШС 4000×5000...	12
2 Автоматизация процесса измельчения .....	16
2.1 Мельница как объект управления .....	16
2.2 Выбор и обоснование контролируемых и регулируемых параметров процесса измельчения .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.3 Описание структуры АСУ ТП измельчения .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.4 Выбор и обоснование приборов и средств автоматизации .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.5 Выбор и обоснование микропроцессорного контроллера .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.5.1 Описание контроллера SIMATIC S7-400.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.5.2 Программирование управляющего контроллера	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.6 Выбор ЭВМ .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
2.7 Описание работы функциональной схемы автоматизации процесса измельчения.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3 Расчет АСР соотношения расходов руда-вода на входе в мельницу .....	40
3.1 Идентификация модели по контуру контроля расхода руды .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.2 Идентификация модели по контуру регулирования расхода воды..	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.3 Выбор регулятора.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.4 Определение оптимальных настроек регулятора .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.5 Исследование устойчивости системы ..	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.6 Проверка системы на оптимальность ...	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.7 Проверка АСР на грубость .....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
3.8 Моделирование переходного процесса АСР соотношения расходов руда-вода на входе в мельницу при возмущении по заданию.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
4 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	61
Заключение .....	65

Список использованных источников .....	66
Приложение А Технические данные контроллера Simatic S7-400 .....	67

## ВВЕДЕНИЕ

Под автоматизацией производственных процессов понимают применение устройств, позволяющих осуществлять производственные процессы без непосредственного участия человека, но под его контролем. В современных производственных процессах для выработки и реализации управляющих воздействий широко применяются АСУТП.

На основе последних разработок прикладных и фундаментальных наук, теории автоматического регулирования и управления, на базе вновь разработанных приборов и регуляторов, создаются современные системы автоматизации.

При автоматизации систем управления необходимо решить несколько задач. Эти задачи включают:

- выбор и обоснование контролируемых и регулируемых параметров процесса измельчения;
- выбор и обоснование приборов и средств автоматизации;
- выбор и обоснование микропроцессорного контроллера;
- выбор ЭВМ;
- расчет автоматических систем регулирования (АСР).

Современные системы автоматического управления позволяют исключить непосредственное участие человека в технологическом процессе. Это особенно важно, если процесс, в частности процесс измельчения и рудоподготовки, является непрерывным по времени и требующим постоянного контроля за несколькими технологическими параметрами одновременно, изменение которых в свою очередь, требует выполнения различных операций. Реализацию систем управления в данный период позволяют выполнить программируемые логические контроллеры. Их программирование осуществляется при помощи компьютера из специальных программ с человеко-машинным интерфейсом. Человек (оператор) на экране компьютера может видеть весь технологический процесс в реальном времени, следить за изменением его параметров, при этом процессом управляет контроллер, однако при необходимости оператор может взять управление в свои руки.

Таким образом, данные системы позволяют повышать производительность труда с повышением качества и со снижением риска для человека.

На сегодняшний день практически любое промышленное предприятие трудно представить без автоматизированных систем управления производственными процессами, поскольку такие системы являются наилучшим способом выпуска качественной продукции в больших объемах с меньшими материальными затратами и при высокой производительности и безопасности труда. Среди множества предприятий, на которых вводится автоматизация, не малую долю занимают обогатительные и алюминиевые фабрики.

Управление процессом измельчения с помощью средств автоматизации и вычислительной техники позволяет контролировать условия протекания процесса одновременно во многих точках и своевременно реагировать на различные возмущения или отклонения регулируемого параметра от заданного значе-

ния. При этом вычислительная машина также обеспечивает стабилизацию процесса, но такая стабилизация осуществляется во многих точках, вследствие чего выходные показатели варьируют в более узких пределах, что позволяет улучшить результаты. Управление с помощью автомата превосходит результаты, получаемые человеком, потому что оно осуществляется с использованием датчиков, контролирующих большое число разнообразных переменных и, что особенно важно, в основе такого управления лежит математическая модель, отражающая количественные взаимосвязи между параметрами, объективно существующими в процессе.

В выпускной квалификационной работе рассматривается автоматизация процесса измельчения бокситовой руды. В расчетной части выполняется расчет автоматической системы регулирования соотношения расходов руда-вода на входе в мельницу на базе микропроцессорного контроллера SIMATIC S7-400 фирмы Siemens и моделирование процесса соотношения расходов руда-вода на входе в мельницу.



## 1 Технология процесса измельчения бокситовой руды

К основным алюминиевым рудам относятся бокситы, нефелины, алуниты, глины, каолины и кианиты.

Самым распространённым сырьем для производства глинозема, являются бокситы. Боксит – это сложная горная порода, состоящая из оксидов и гидроксидов алюминия, а также железа, кремния и титана, которые представлены различными минералами. В качестве примесей в них могут присутствовать карбонаты кальция, пирит и органические соединения. Основные глиноземсо-держающие минералы бокситов – гиббсит, бёмит и диаспор. Однако мономинеральные бокситовые руды относительно редки, гораздо чаще встречаются руды смешанного типа – гиббсит-бёмитовые или бёмит-диаспоровые.

Качество бокситов определяется в первую очередь содержанием  $Al_2O_3$  и  $SiO_2$ . На практике для оценки качества боксита используют значение кремне-вого модуля:

$$\mu_{Si} = \frac{Al_2O_3}{SiO_2}$$

т.е. массовое отношение содержания  $Al_2O_3$  к  $SiO_2$  в боксите: чем выше модуль, тем лучше боксит.

В настоящее время запасы бокситов превышают 50 млрд. т, что позволяет говорить об обеспеченности алюминиевой промышленности сырьем до конца XXI века. Основная часть этих запасов приходится на страны тропического и субтропического пояса – Австралию, Гвинею, Бразилию, Индию и Центрально-американский регион (Ямайка, Суринам, Гайяна). Гиббситовые бокситы Гвинеи и Ямайки обладают высоким качеством. Бокситовые месторождения Ямайки имеют следующую характеристику: содержание  $Al_2O_3$  – 27-28 %,  $Fe_2O_3$  – 17-18 %,  $SiO_2$  – 0,5-0,8 %, кремневый модуль  $\mu_{Si}$  – 34-58.

Вторым по популярности использования сырьем, для производства глинозема, является нефелин. Ценность нефелиновой руды, так же, как и в бокситах, определяется содержанием оксида алюминия. По качеству нефелины уступают бокситам – в них содержится от 12 % до 28 % оксида алюминия и более 40 % оксида кремния. Главным отличием, получения глинозема из нефелинов, является то, что при производстве образуется много вспомогательных продуктов, таких как: сода, цемент, поташ, редкий металл галлий, а из отходов производства изготавливают высококачественный цемент. Производство глинозема из нефелинов требует наиболее высоких расходов сырья и энергоресурсов, и целесообразно только при наличии дешевой электроэнергии и топлива, низких транспортных расходах на перевозку сырья и готового продукта и при условии комплексного использования сырья.

Процессы уменьшения размеров кусков бокситовой (или нефелиновой) руды путем разрушения их под действием внешних сил называются дроблением и измельчением.

В промышленном производстве применяют следующие процессы измельчения и дробления:

- обычное дробление и измельчение, осуществляемое за счет использования обычных механических сил;
- самоизмельчение происходит при взаимном воздействии структуры материала (зерен) друг на друга;
- электрогидравлическое дробление происходит под действием ударных волн, возникающих при прохождении электрического заряда через жидкость;
- взрывное измельчение и дробление, основано на распаде горных пород под действием внутренних сил растяжения при быстром снятии с них внешнего давления;
- вибрационное измельчение в поле вибрационных сил;
- центробежное измельчение в центробежном поле;
- струйное измельчение за счет кинетической энергии движущихся с высокой скоростью навстречу друг другу частиц.

Дробление, измельчение и самоизмельчение широко используются на предприятиях цветной, черной, угольной, горно-химической, строительной и других отраслях.

Разницы между процессами измельчения и дробления принципиальной нет. Считается, что при дроблении получают продукт +5 мм, а при измельчении –5 мм, и для дробления используют дробилки, а при измельчении – мельницы.

Весь набор операций дробления и грохочения, или измельчения и классификации составляют цикл дробления и измельчения [1].

### **1.1 Общая технологическая схема предприятия**

Наибольшее распространение в современной алюминиевой промышленности получили щелочные способы. Суть этих способов состоит в связывании  $Al_2O_3$  в алюминат натрия путем непосредственного вскрытия сырья щелочным раствором (способ Байера) или путем спекания (или плавки) и последующего выщелачивания полученного спека. Нерастворимый остаток (красный шлам) отделяют от алюминатного раствора; последний поступает на разложение декомпозицией или карбонизацией с получением гидроксида Al. Маточный щелочной раствор после выпарки идет как оборотный на выщелачивание новой порции боксита в способе Байера либо, если он карбонатный, – на выпарку для получения содопродуктов, используемых для шихтовки при спекании. Гидроксид Al после прокаливания – кальцинации – превращается в товарный оксид алюминия.

Основными преимуществами щелочных способов являются относительная простота осуществления технологических процессов и очистки от примесей, а также малая величина капитальных вложений.

В мировой алюминиевой промышленности наиболее распространён мокрый щелочной (гидрохимический) способ Байера, т.к. чаще всего встречается высококачественный боксит с низким содержанием кремнезёма (2-5 %). Для этих бокситов способ Байера наиболее экономичен.

Сущность **способа Байера** состоит в непосредственном выщелачивании глинозёма бокситов щелочными растворами с получением алюминатного раствора, который разлагается под действием затравки с выделением гидроксида алюминия. Общая технологическая схема способа Байера представлена на рисунке 1.1.

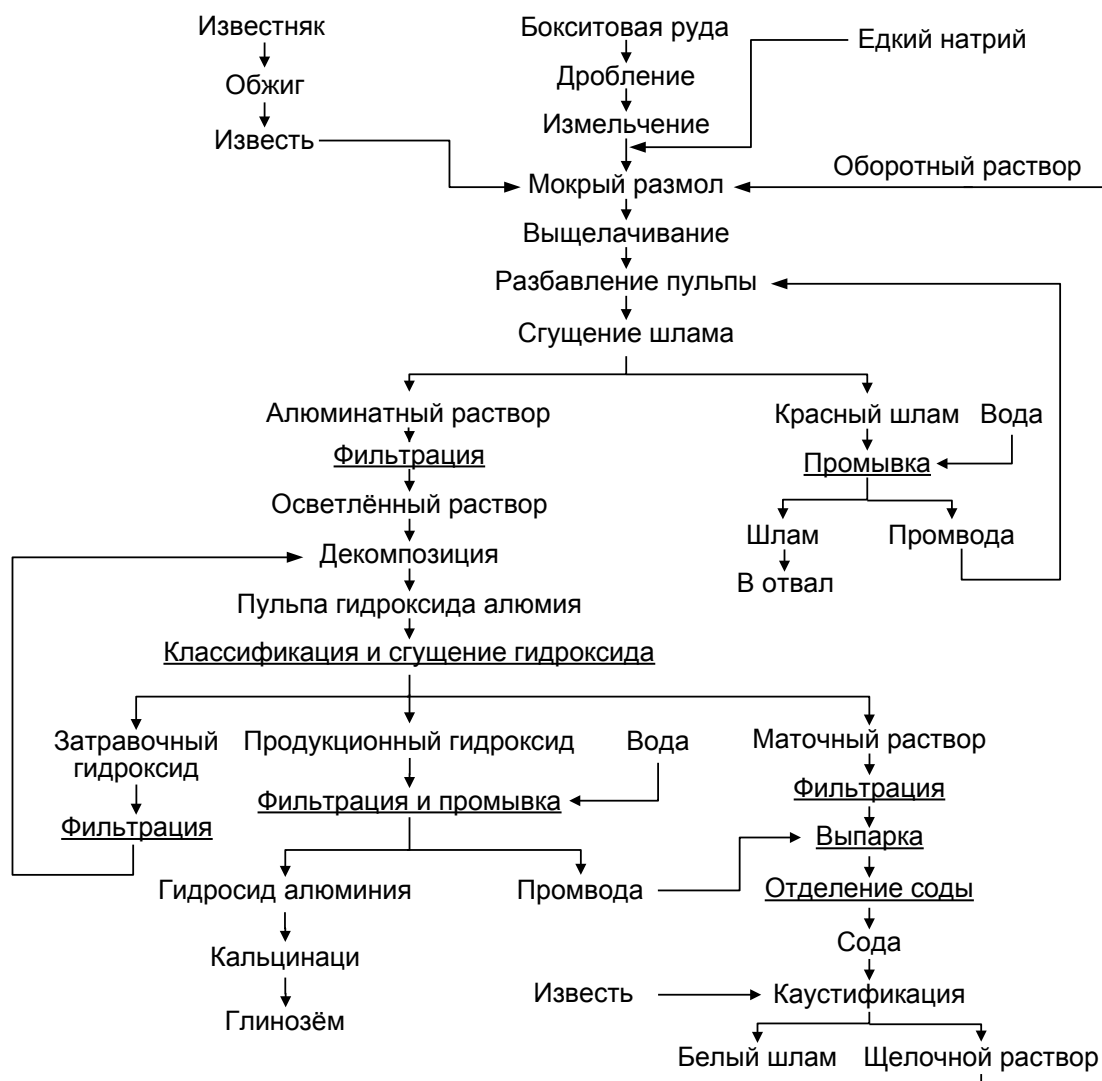


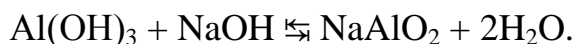
Рисунок 1.1– Технологическая схема производства глинозема

Алюминатный раствор для более полного отделения от него частиц шлама фильтруют. Чистый алюминатный раствор поступает на разложение (декомпозицию), которое достигается длительным перемешиванием алюминатного раствора со значительным количеством затравочного гидроксида алюминия. Полученная в результате декомпозиции пульпа состоит из выпавшего в осадок гидроксида алюминия и маточного щелочного раствора. Гидроксид алюминия отделяют от маточного раствора сгущением. Часть полученного гидроксида алюминия возвращают в виде затравки в следующие порции раствора, идущего на декомпозицию, остальной гидроксид после фильтрации и промывки прокалывают (кальцинируют) при высокой температуре. При прокаливании гидроксид алюминия обезвоживается и превращается в глинозём.

Маточный щелочной раствор упаривают, чтобы повысить его концентрацию, и используют для выщелачивания новых порций боксита.

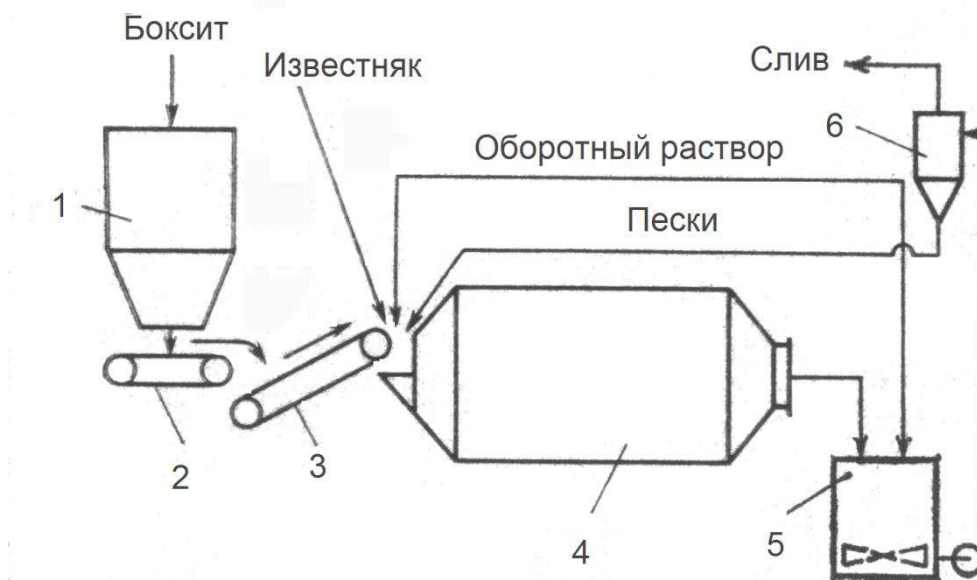
Выпаривание маточного раствора может сопровождаться выделением в осадок некоторого количества соды. Выкристаллизовавшуюся соду отделяют от раствора, а чтобы снова перевести в каустическую щелочь, обрабатывают известью (каустифицируют).

В основе способа Байера лежит химическая реакция



Подготовка боксита в способе Байера включает: дробление боксита, его усреднение и измельчение. При этом применяют мокрый размол боксита в шаровых мельницах, работающих совместно с гидроциклонами или механическими классификаторами. Размол ведут в среде оборотного щелочного раствора.

На рисунке 1.2 показана схема одностадийного размола боксита в шаровой мельнице, работающей в замкнутом цикле с гидроциклонами. Из бункера 1 расположенного над мельницей 4, боксит пластинчатым питателем 2 подается на ленточный весоизмеритель 3 и далее в загрузочную течку мельницы. Сюда же поступает оборотный раствор, а также известь. Из мельницы размолотый боксит в виде пульпы поступает в мешалку 5, а из нее насосом перекачивается на классификацию в гидроциклоны 6. Пески гидроциклонов возвращаются в мельницу на доизмельчение, а слив направляется на выщелачивание.



1 – бункер; 2 – пластинчатый питатель; 3 – ленточный весоизмеритель;  
4 – мельница; 5 – мешалка; 6 – гидроциклоны

Рисунок 1.2 – Схема одностадийного размола боксита

В производстве глинозема из бокситовой руды пульпа представляет собой смесь размолотого боксита с оборотным щелочным раствором. Пульпа характеризуется химическим составом ее составляющих, отношением жидкой и твердой фаз по массе (ж: т) или содержанием твердого в одном литре пульпы (в граммах). При известном ж : т легко найти содержание твёрдого в 1 л пульпы:

$$b = \frac{1000 \cdot \rho_{\text{т}} \cdot \rho_{\text{ж}}}{\frac{\text{ж}}{\text{т}} \rho_{\text{т}} + \rho_{\text{ж}}}$$

где  $b$  – содержание твердого в 1 л пульпы, г;

$\rho_{\text{т}}$  и  $\rho_{\text{ж}}$  – плотность соответственно твердой и жидкой фаз пульпы, г/см<sup>3</sup>.

Необходимая степень измельчения зависит от природы боксита и условий его выщелачивания. Так Северо-Уральский боксит измельчается при двустадийном размоле. Примерный режим измельчения: ж:т в мельницах 1-й стадии 1,2-1,8, в мельницах 2-й стадии 0,6-1,0; температура оборотного раствора около 100 °С, диаметр шаров, загружаемых в мельницу 1-й стадии 80-120 мм, в мельницу 2-й стадии 40-60 мм. Для гвинейского боксита оптимальным является более грубый размол, который достигается при измельчении в одну стадию.

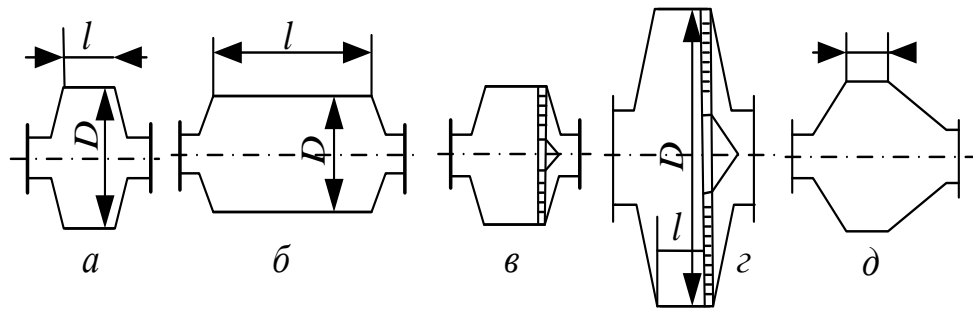
## 1.2 Принцип процесса измельчения бокситовой руды

Измельчение материалов широко применяется в цветной металлургии, особенно на обогатительных фабриках, где этим процессом завершается подготовка руд для флотационного и гравитационного обогащения. В глиноземном производстве измельчение используют для подготовки рудного сырья (бокситов, нефелинов) к гидрохимической переработке.

В зависимости от свойств измельчаемых материалов и степени измельчения применяют мельницы (измельчители) различных типов: барабанные, вибрационные, струйные и пр. В цветной металлургии используют мельницы барабанного типа.

Измельчающей средой служат металлические шары, стержни, окатанная галька или крупные куски измельчаемой руды. В зависимости от измельчения средств барабанные мельницы разделяют на шаровые, стержневые, рудногальчатые и мельницы самоизмельчения.

По форме барабана мельницы делят на цилиндрические и цилиндрикоконические (рисунок 1.3).



*a* – цилиндрический короткий; *б* – цилиндрический длинный;  
*в* – цилиндрический короткий с решеткой; *г* – цилиндрический  
для самоизмельчения; *д* – цилиндрико-конический

Рисунок 1.3– Формы мельничных барабанов

Цилиндрические шаровые и стержневые мельницы в свою очередь разделяют на короткие и длинные или так называемые трубные мельницы. Отношение длины барабана к его диаметру составляет примерно: для коротких мельниц 0,65-2,0, а для длинных в пределах 4-6. В мельницах самоизмельчения (рисунок 1.3, *г*) отношение длины барабана к диаметру составляет примерно 0,35.

Основные параметры цилиндрических мельниц – внутренний диаметр и длина барабана (в свету, без футеровки); цилиндрикоконических – внутренний диаметр и длина цилиндрической части.

По способу разгрузки продукта из барабана мельницы бывают с центральной разгрузкой, при которой пульпа (продукт) свободно сливается через разгрузочную цапфу; с принудительной или периферической разгрузкой через специальные решетки. Иногда их называют мельницами с диафрагмой или с низким уровнем пульпы, так как в них предусмотрено вычерпывающее устройство с лифтерами для подъема и разгрузки измельченного материала через отверстия решетки. В мельницах с центральной разгрузкой уровень пульпы в барабане поддерживается выше нижней точки отверстия разгрузочной цапфы.

Производительность шаровых мельниц изменяется примерно прямо пропорционально плотности дробящей среды. Увеличение твердости измельчающих тел дает некоторое повышение производительности. Наибольшую производительность мельницы имеют в том случае, когда измельчающая среда составлена неизношенными, не потерявшими своей формы шарами или стержнями.

Для ремонта оборудования выбираем следующие количество технологического оборудования.

На основании справочных материалов выбрано основное технологическое оборудование и определены нормативы периодичности его ремонтов (таблица 1.1, где ТО – техническое обслуживание; Т – текущий ремонт; К – капитальный ремонт).

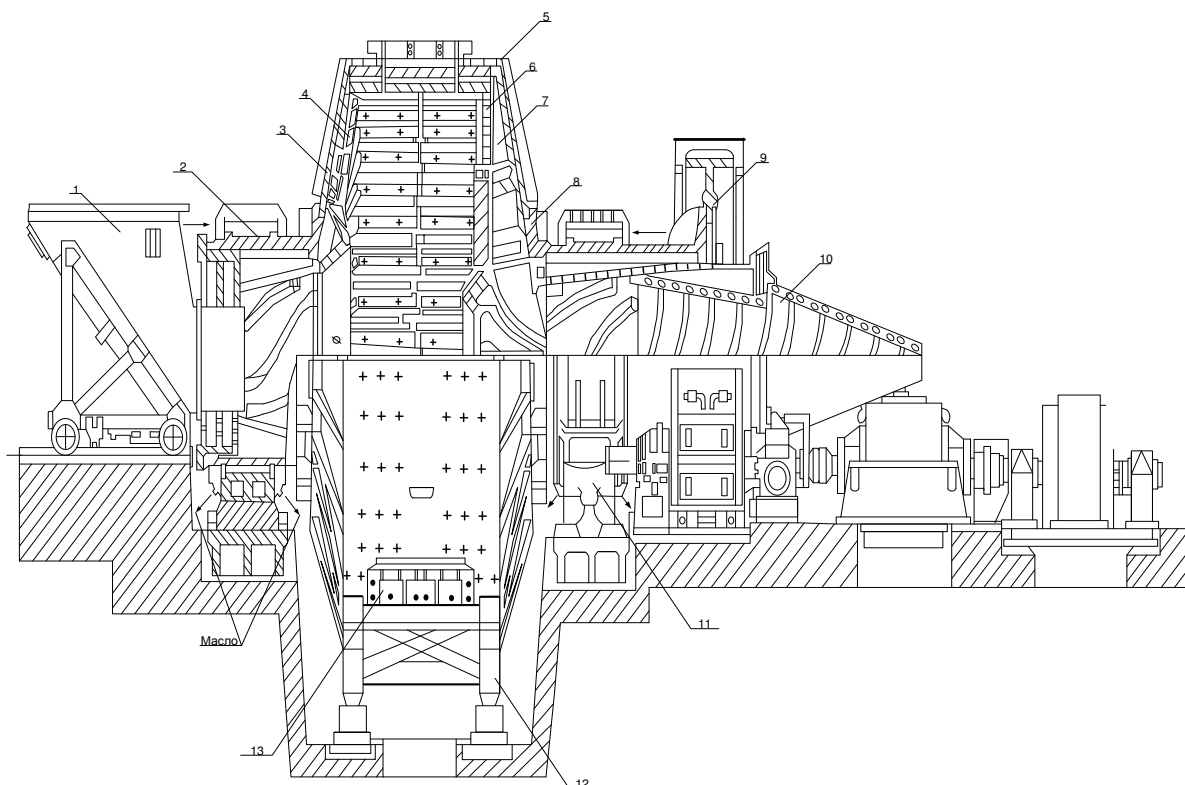
Таблица 1.1 – Технологическое оборудование отделения измельчения

№ п/п	Оборудование	Кол-во	Масса, т.	Ремонт				Трудоемкость
				Вид	Периодичность	Продолжительность	Число в цикле	Среднегодовая, чел.·ч
1	Шаровая мельница	5	81	ТО	680	8	40	80
				Т	4080	48	7	455
				К	32640	96	1	105
2	Трубчатый выщелачиватель	5	421	ТО	730	24	36	576
				Т	2920	240	11	1540
				К	35040	360	1	610
3	Мешалка	11	11,7	ТО	1460	4	20	40
				Т	8760	120	3	327
				К	35040	240	1	358
4	Конический сборник	5	3,1	ТО	2920	4	16	8
				Т	8760	24	7	63
				К	70080	96	1	36
5	Карусельный фильтр	6	11	ТО	730	8	24	228
				Т	1460	120	23	4140
				К	35040	240	1	508
6	Ленточный конвейер	5		ТО	730	6	33	66
				Т	8760	16	2	25
				К	26280	48	1	77
7	Сгуститель	11	322	ТО	730	4	108	288
				Т	4380	240	5	3200
				К	26280	480	1	1280

### 1.3 Краткие сведения о мельнице мокрого измельчения МШС 4000×5000

В цветной металлургии применяют мельницы мокрого самоизмельчения (рисунок 1.4).

Для измельчения руды по классу 0,074 мм при крупности исходного питания не более 350 мм предназначена мельница МШЦ 4000×5000. Технические характеристики этой мельницы представлены в таблице 1.2.



1 – питатель; 2 – подшипник; 3 – боковая стенка барабана; 4 – футеровка;  
 5 – цилиндрическая царга; 6 – решетка; 7 – вычерпыватель; 8 – цапфа; 9 – зубчатый  
 венец; 10 – бутара; 11 – спирали; 12 – подшипник; 13 – гидродомкрат; 14 – люк

Рисунок 1.4– Мельница мокрого самоизмельчения

Таблица 1.2 – Технические характеристики мельницы МШЦ 4000×5000

Наименование показателя	Норма
Диаметр, м	4
Длина, м	5
Рабочий объем, м <sup>3</sup>	55
Период вращения, об/мин.	17,4
Электродвигатель N, кВт/п <sub>дв</sub> , об/мин.	1600/-
Масса	
- без электрооборудования и маслосистемы, т	220
- дробящая нагрузка, т	117

Процесс самоизмельчения заключается в том, что крупные куски руды, измельчаясь при падении, под воздействием ударов дробят более мелкие. Крупные куски в данном случае являются дробящими телами. Если в мельницу поступает вся руда после первичного дробления без грохочения мелкой фракции, то в барабане постепенно накапливается большое количество критических кусков 25-75 мм, которые малы для того, чтобы дробить другие куски, и слишком велики, чтобы быть раздробленными. В этом случае в мельницу загружают крупные шары (около 2,5 % объема барабана) для предотвращения накопления критических шаров.



Барабан состоит из двух боковых стенок, к которым приварена цилиндрическая царга и стальные литые цапфы диаметром 2800 мм. Для обеспечения прочности и жесткости барабана боковые стенки усилены ребрами. После сборки барабан представляет собой неразъемную сварнолитую конструкцию для обслуживания барабана предусмотрены три больших люка боковой стенки. Цилиндрическая часть зафутерована плитами и лифтерами. Плиты загрузочной стороны имеют выступы-отражатели, которые отбрасывают крупные куски к центру, уменьшают сегрегацию материала. На разгрузочной стороне барабана установлены решетки и вычерпыватели (лифтеры).

Питатель мельницы представляет собой стальной наклонный лоток на колесах. Его можно откатывать при ремонтных работах. Нижняя стенка усилена поперечными ребрами для самофутерования; на ней установлены электровибраторы, препятствующие зависанию руды в лотке.

Привод мельницы состоит из электродвигателя, закрытого редуктора и открытой зубчатой косозубой передачи с венцом, закрепленным на фланце разгрузочной цапфы. Барабан уложен на двух подшипниках скользящего трения с баббитовыми вкладышами диаметром 2800 мм. Смазка подшипников осуществляется от централизованной системы жидкой смазки.

В последних конструкциях мельниц применена гидростатическая смазка. Система смазки предусматривает установку двух маслонасосов (один резервный) с давлением 3,5 МПа. Перед пуском мельницы масло по маслопроводам поступает в карманы подшипников. Под давлением масла цапфы в подшипниках поднимаются примерно на 0,3 мм, в течение всего периода вращения работают на масляной подушке, не касаясь вкладышей. В системе предусмотрены автоблокировки: автоматический запуск резервного маслонасоса при снижении давления в маслопроводах; невозможность запуска мельницы до подъема барабана на масляную подушку и выключения насоса до остановки мельницы. Малое трение гидросистемы позволяет уменьшить потребляемую мощность при установившемся движении и, особенно, при ее пуске.

На мельнице установлен вспомогательный привод мощностью 13 кВт. Назначение привода – вращать барабан мельницы со скоростью 0,05 об./мин. во время перефутеровки и других ремонтных работ. Привод оборудован электроблокировкой, не допускающей включения главного привода при работающем вспомогательном. Червячный редуктор вспомогательного привода подключен к быстроходному валу редуктора главного привода. Червячное зацепление редуктора препятствует самопроизвольному проворачиванию барабана.

При ремонтах для подъема мельницы на высоту до 30 мм применяют специальную раму и четыре гидродомкрата.

Электрооборудование мельницы обеспечивает управление главным приводом, контроль параметров во время работы, управление системами смазки и вспомогательными приводами как в нормальном режиме работы с управлением от АСУ, так и в ручном режиме от постов местного управления (ПМУ).

В состав электрооборудования входят следующие составные части:

- электрооборудование главного привода;
- электрооборудование жидкой смазки подшипников мельницы;

- электрооборудование гидropодпора подшипников мельницы;
- электрооборудование смазки зубчатого зацепления;
- контрольно-измерительные приборы;
- электрооборудование, установленное на самой мельнице (включающее в себя также управление приводом передвижения загрузочного устройства);
- электропривод вспомогательного (ремонтного) привода барабана мельницы;
- электрооборудование насосной установки высокого давления подъема барабана мельницы.

Главный привод мельницы включает в себя:

- главный электродвигатель с фазным ротором;
- устройство пусковое фазное для осуществления плавного пуска мельницы;
- высоковольтную ячейку для подачи 6000 В на статор электродвигателя;
- редуктор главного привода Ц-800 ( $i = 5,077$ ).

Главный привод мельницы осуществляет вращение барабана с рабочей скоростью, равной  $15,1 \text{ мин}^{-1}$ , в установившемся режиме.

В качестве двигателя главного привода мельницы применен электродвигатель асинхронный, с фазным ротором, с двумя концами вала, фирмы «SIEMENS», тип – 1RR5566-3JB69-Z.

Направление вращения основного конца вала – левое [2].

Электродвигатель имеет встроенные датчики для осуществления теплового контроля – термопреобразователи сопротивления  $Pt 100$  дуплексного типа.

Электродвигатель имеет встроенный подогреватель для исключения конденсации влаги в выключенном состоянии, мощность подогревателя 1,5 кВт. Система смазки предназначена для подачи масла путем свободного полива на цапфы мельницы и служит для создания масляного клина при вращающемся на рабочей скорости барабане мельницы и для охлаждения поверхностей цапфы и баббитового вкладыша.

В состав системы смазки входят:

- станция жидкой смазки (СЖС);
- сеть подающих и сливных маслопроводов;
- выходные форсунки с регулирующими дросселями для создания номинального избыточного давления;
- контрольно-измерительные приборы.

## 2 Автоматизация процесса измельчения

Основными задачами автоматизации процесса измельчения являются: автоматический контроль процесса измельчения и состояния технологического и транспортного оборудования, автоматическое регулирование параметров измельчения и управление работой мельниц и механизмов с целью обеспечения установленного качества готовой продукции и достижения высокой производительности труда.

Подсистемами процесса измельчения являются:

- централизованный непрерывный контроль значений технологических параметров и работы основного оборудования;
- низовые локальные системы автоматического регулирования, осуществляющие стабилизацию или программное регулирование технологических параметров процесса;
- оперативный учет и математическая обработка измеряемых величин с учетом имеющихся функциональных зависимостей;
- управление технологическими агрегатами и механизмами, в том числе управление поточно-транспортными системами и централизованным пуском и остановкой технологической цепи аппаратов и машин (их пуск осуществляется, начиная с конца, а остановка – с начала схемы цепи аппаратов).

### 2.1 Мельница как объект управления

Рассмотрим мельницу как объект управления (рисунок 2.1).

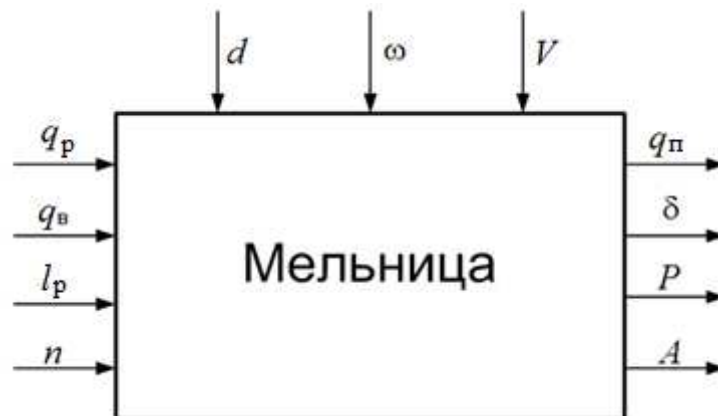


Рисунок 2.1 – Мельница как объект управления

Анализ процессов, протекающих в мельнице позволяет выделить основные входные, выходные параметры, а также возмущающие воздействия.

Входные параметры:

$q$  – расход руды в мельницу, т/ч;

$q_v$  – расход воды в мельницу, м<sup>3</sup>/ч;

$l_p$  – уровень руды в бункере, м;

$n$  – частота вращения барабана мельницы, Гц.

Возмущающие воздействия:

$d$  – крупность загружаемого материала (руда), мм;

$\omega$  – влажность материала (руда), г/м<sup>3</sup>;

$V$  – внутримельничный объём, м<sup>3</sup>.

Выходные показатели:

$q_n$  – расход пульпы, м<sup>3</sup>/ч;

$\delta$  – плотность пульпы, т/м<sup>3</sup>;

$P$  – мощность, потребляемая приводом мельницы, Вт;

$A$  – шум, издаваемый мельницей, дБ.

Изъяты страницы 17-39.

### **3 Расчет АСР соотношения расходов руда-вода на входе в мельницу**

В работе выполнен расчёт автоматической системы регулирования соотношения расходов руда-вода на входе в мельницу. Расчет проведен при условии, что система состоит из двух контуров: первый – контроль подачи руды на входе в мельницу, а второй – регулирование подачи оборотной воды (раствора), в зависимости от количества поступающей руды, и поддержание соотношения вода-руда, равного 1,082.

**Изъяты страницы 40-60.**

#### 4 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Производственная среда в подразделениях глиноземного производства неоднородна. На комбинате имеют место некоторые опасные и вредные производственные факторы (наличие пыли различных материалов и веществ, щелочных аэрозолей, повышенная и пониженная температура, движущие машины, подвижные части производственного оборудования, высокое напряжение, шум, вибрация, физические и нервнопсихические перегрузки и т.п.). Характеризуя общее состояние производственной среды глиноземного производства можно отметить по подразделениям следующие вредные факторы:

- в блоке подготовки сырья – пыль перерабатываемых материалов (нефелиновой руды, известняка и др.). Поступление пыли в воздух в производственных помещениях происходит из аппаратов дробления, конвейеров, питателей и т.п. Значительное количество пыли выделяется в местах пересыпки материалов;

- в блоке размола и подготовки шихты, в блоке коррекционных бассейнов – пыль сырьевых материалов, шум мельниц; в теплый период года могут быть повышенные температура и относительная влажность [11, 12].

Опасные и вредные производственные факторы по природе действия на организм человека подразделяются на следующие группы: физические, химические, биологические, психофизиологические.

В отделении измельчения и рудоподготовки на АО «РУСАЛ Ачинск», существуют следующие группы опасных и вредных производственных факторов.

Группа **физических** опасных и вредных производственных факторов:

- а) вращающиеся механизмы (приводы мельниц, насосов, конвейера);

- б) движущаяся лента конвейера;

- в) передвигающийся материал (руда).

Возможен травматизм различной степени тяжести, и даже летальный исход. Меры по обеспечении безопасности:

- обеспечение недоступности к опасно действующим частям машин и оборудования – метод состоит в пространственном или временном разделении гомосферы и ноксосферы. К нему относится все, что связано с конструктивными особенностями как самих машин и оборудования, так и устройств, ограждающих и блокирующих опасные зоны; недоступность может быть обеспечена размещением опасных объектов на недосягаемой высоте, а также под прикрытием или в трубах;

- применение приспособлений, непосредственно защищающих человека от опасного производственного фактора – к методу относятся приспособления, с помощью которых обеспечивается безопасность взаимодействия с опасными частями машин и оборудования, в том числе и дистанционное управление, а также устройства, автоматически прекращающие или работу агрегата, или подачу энергии в систему, или отводящие основную часть энергии в другое русло;

- г) повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека (двигатели).

Возможны травмы различной степени тяжести: I степень тяжести характеризуется судорожным сокращением мышц без потери сознания; II степень – сокращением мышц с потерей сознания, но сохранившимся дыханием и работой сердца; III степень – потерей сознания и нарушением сердечной деятельности и (или) дыхания; IV степень – клинической смертью (отсутствием дыхания и кровообращения) [11].

Меры по обеспечении безопасности: изоляция, недоступность токоведущих частей, электрическое разделение сети с помощью специальных разделяющих трансформаторов, применение малого напряжения (не выше 42 В, а в особо опасных помещениях – 12 В), выравнивание потенциала, защитное заземление и зануление, организация безопасной эксплуатации электроустановок;

д) недостаток естественного света в здании, где ведётся технологический процесс в дневное время из-за малого количества окон.

Последствия: физическая усталость организма, в связи с утомлением глаз.

Меры: увеличение количества окон, сочетание бокового и верхнего пропускания света в помещение, использование совмещённого с искусственным освещения;

е) повышенный уровень шума и вибрации на рабочем месте.

Последствия: физическая усталость, нарушение нормальной деятельности сердечно-сосудистой и нервной системы, пищеварительных и кроветворных органов, развитие профессиональных заболеваний тугоухости и вибрационной болезни; наступление повышенной утомляемости, снижение памяти и внимания и часто как следствие наступление травматизма.

Меры: уменьшение шума и вибрации в источнике их образования; изоляция источников шума и вибрации средствами звуко- и виброизоляции, звуко- и вибропоглощения; архитектурно-планировочные решения, предусматривающие рациональное размещение технологического оборудования, машин и механизмов; применение средств индивидуальной защиты.

Группа **химических** опасных и вредных производственных факторов:

а) пыль руды (образуется при перегрузке и транспортировке руды) – природный материал с содержанием двуоксида кремния до 44 %.

По характеру воздействия на организм человека – раздражающее вещество. По пути проникновения в организм – через органы дыхания. ПДК в воздухе рабочей зоны – 2 мг/м<sup>3</sup>, класс опасности – III.

Последствия: оказывает раздражающее воздействие на органы дыхания и слизистую оболочку глаз, при попадании в лёгкие может вызвать силикоз.

Меры: исправная работа вентиляции с аспирацией в рабочей зоне, использование респираторов и других средств защиты органов дыхания, использование защитных очков;

б) медный купорос.

По характеру воздействия на организм человека – раздражающее и токсичное вещество. По пути проникновения в организм – через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, кожные покровы и слизистые оболочки. ПДК в воздухе рабочей зоны – 0,5 мг/м<sup>3</sup>, класс опасности – II.

Последствия: тошнота, рвота, боли в желудке, при постоянном соприкосновении с растворами медного купороса у рабочих наблюдаются разрыхления на коже, язвы и хронические гнойнички.

Меры: исправная работа общей и местной вентиляции в рабочей зоне; использование следующих средств индивидуальной защиты; резиновые перчатки, прорезиненный фартук, защитные очки или наголовной щиток, респиратор; в рабочей зоне должен быть предусмотрен аварийный душ для быстрого удаления химикатов с поверхности кожи, а также фонтанчик для промывания глаз;

в) ксантогенат калия.

По характеру воздействия на организм человека – раздражающее и токсичное вещество. По пути проникновения в организм – через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, кожные покровы и слизистые оболочки. ПДК в воздухе рабочей зоны –  $10 \text{ мг/м}^3$ , класс опасности – III.

Последствия: при хронических отравлениях малыми дозами наблюдается заболевание нервной системы, отравления большими дозами приводит к параличу нервной системы, остановке сердца; вызывает ожоги кожи и слизистых оболочек.

Меры: исправная работа общей и местной вентиляции в рабочей зоне; использование следующих средств индивидуальной защиты; резиновые перчатки, резиновые сапоги, прорезиненный фартук, защитные очки и фильтрующий промышленный противогаз марки А с коричневой окраской коробки; в рабочей зоне должен быть предусмотрен аварийный душ для быстрого удаления химикатов с поверхности кожи, а также фонтанчик для промывания глаз.

Группа **психофизиологических** опасных и вредных производственных факторов:

а) физические перегрузки: статические и динамические.

Последствия: нарушение кровообращения в нижних конечностях и органов тазовой области, приводящих к профессиональным заболеваниям (варикозному расширению вен, геморрою и т.п.).

Меры: целесообразно предусматривать возможность работы стоя и сидя, особое внимание стоит уделять в проектировании рабочих мест при работах в фиксированных позах;

б) нервно-психические перегрузки: эмоциональные перегрузки, монотонность труда, перенапряжение зрительных органов.

Последствия: физическая и психическая усталость, падение производительности труда и экономических показателей, повышение травматизма и аварийности.

Меры: делать технологические операции более содержательными (вызывающими интерес у исполнителей), отдых в перерывах между работой, посещение комнат психологической разгрузки, соблюдать эстетичность производства, создавать музыкальное оформление производственного процесса.

Анализ опасных и вредных производственных факторов представлен в таблице 4.1.



Таблица 4.1– Анализ опасных и вредных производственных факторов

Рабочее место или операция технологического процесса	Оборудование	Опасный (вредный) фактор, единица измерения	Величина фактора	Норматив (безопасная величина) со ссылкой на ГОСТ, СНиП и т.п.
Отделение измельчения и рудоподготовки	Мельница	Шум, дБА	120	85 ГОСТ 12.1.003-2002
	Мельница	Вибрация, дБА	130	112 ГОСТ 121.012-96
	Мельница	Запыленность воздуха рабочей зоны, мг/м <sup>3</sup>	100	ГОСТ 12.1.005-2002
	Средства автоматизации, электродвигатели	Электрический ток, мА	более 50	не более 10 ГОСТ 12.1.038-01

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентраций (ПДК), установленных ГОСТ 12.1.005-02 [13].

Метеорологические условия на рабочих местах должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.005-02 и Санитарным нормам микроклимата производственных помещений (№ 4088-86).

Уровень шума на постоянных рабочих местах не должен превышать величин, установленных ГОСТ 12.1.003-02, Санитарными нормами допустимых уровней шума на рабочих местах (№ 3223-85).

Уровень вибрации на постоянных рабочих местах не должен превышать норм, установленных ГОСТ 12.1.012-96, Санитарными нормами и правилами при работе с машинами и оборудованием, создающими локальную вибрацию, передающуюся на руки работающих (№ 3041-84), Санитарными нормами вибрации рабочих мест (N 3044-84).

Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека, не должны превышать величин, установленных ГОСТ 12.1.038-82.

Температура поверхностей оборудования, инструмента, оснастки и заготовок, с которыми непосредственно соприкасается работник, не должна превышать установленной ГОСТ 12.1.005-02.

Изменение технологического процесса, в результате которого возможно ухудшение условий труда, следует согласовывать с соответствующим федеральным органом надзора, в ведении которого находится организация [14].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе была рассмотрена автоматизация процесса измельчения бокситовой руды и автоматическая система регулирования соотношения расходов руда-вода в мельницу.

В разделе «Технология процесса измельчения бокситовой руды» описывается технологическая схема получения глинозема. В разделе представлены главные принципы процесса измельчения бокситовой руды, а также краткие сведения о мельнице мокрого измельчения МШЦ 4000×5000, в которой осуществляется измельчение.

В разделе «Автоматизация процесса измельчения» разработана трехуровневая система автоматизации, предназначенная для управления и контроля технологическим процессом. Нижний уровень технических средств включает в себя приборы и аппаратуру контроля и регулирования. К среднему уровню относятся контроллер SIMATIC S7-400 и его оборудование. К верхнему уровню относятся АРМ оператора, реализующее функции контроля состояния основного оборудования, выбора режима управления, обработки сигналов, вывода информации о состоянии технологических объектов на экран монитора, накопления и передачи данных, а также АРМ мастера участка, предназначенное для внесения изменений и перенастройки системы верхнего и нижнего уровней. В качестве управляющего контроллера выбран микропроцессорный контроллер SIMATIC S7-400, на базе которого построена система управления, описаны его технические характеристики и выполняемые функции, определен набор модулей. Создана мнемосхема АСУ ТП, на которой отображаются текущие значения всех технологических параметров.

В расчетной части работы приведена АСР соотношения расходов руда-вода на входе в мельницу. Разработаны модели объекта управления по расходам руды и воды в мельницу, для АСР расхода воды выбран ПИД-регулятор и рассчитаны его настройки, а также определены их оптимальные значения. Полученная система исследована на устойчивость по критерию Найквиста. По частотным показателям качества определено, что найденная система имеет запас устойчивости по фазе и по амплитуде. С использованием ПП SimInTech смоделирована АСР соотношения расходов руда-вода на входе в мельницу, приведены графики выходных параметров.

Выполнен анализ опасных и вредных производственных факторов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Дробление, измельчение и подготовка сырья к обогащению: учеб. для вузов / Е.Е Андреев, О.Н Тихонов. – СПб, 2007. – 439 с.
- 2 Шаровые мельницы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://5mkm.ru/>
- 3 Автоматизация металлургических производств: учебное пособие / Т. В. Астахова, В. А. Осипова, А. А. Дружинина, И. И. Лапаев. – Красноярск: ИПК СФУ, 2008.
- 4 Электропневматический расходомер Camozzy [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.camozzi.ru/>.
- 5 Программируемые контроллеры SIMATIC S7 – «Промышленная автоматизация» и «Технологии приводов» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.automation-drives.ru/as/products/simatic\\_s7/s7\\_400/](http://www.automation-drives.ru/as/products/simatic_s7/s7_400/).
- 6 Емельянов, А.Н., Капник, О.В. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие по содержанию и оформлению проектов / А.Н. Емельянов, О.В. Капник. – М: Энергоатомиздат, 1988. – 400 с.
- 7 Дружинина, А.А. Проектирование систем управления: метод. указ. К курс. Проектированию / А.А. Дружинина; ГУЦМиЗ. – Красноярск, 2006. – 24 с.
- 8 Гайдук, А.Р. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB : учеб. пособие / А.Р. Гайдук, А.Е. Беляев, Т.А. Пьявченко. – СПб. : Лань, 2016. – 464 с.
- 9 Юревич Е.И. Теория автоматического управления. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 560 с.
- 10 Карташов, Б.А. Среда динамического моделирования технических систем SimInTech: Практикум по моделированию систем автоматического регулирования / Б.А. Карташов, Е.А. Шабаев, О.С. Козлов, А.М. Щекатуров. – М.: ДМК Пресс, 2017. – 424 с.
- 11 ГОСТ 12.4.124-83. Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования. – Введ. 01-01-84 до 01-01-89. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 5 с.
- 12 Жилов, Ю.Д., Куценко, Г.И. Справочник по охране труда и экологии / Ю.Д. Жилов, Г.И. Куценко. – М.: Высш.шк., 1995. – 175 с.
- 13 ГОСТ 12.1.005-88\*\*. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – Взамен ГОСТ 12.1.005-76; введ. 01.01.89. – Межгосударственные стандарты: Сб. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – С. 118-165. – (Система стандартов безопасности труда).
- 14 Федеральный закон Российской Федерации «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 № 116-ФЗ (Собрание законодательства Российской Федерации, 1997, № 30, ст. 3588).
- 15 СТО 4.2-07-2014 Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности. – Введ. взамен СТО 4.2-07-2012; дата введ. 09.01.2014. – Красноярск: СФУ, 2014. – 60 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Технические данные контроллера Simatic S7-400

Таблица А.1 – Характеристики центрального процессора CPU 416-3

Технические данные	Значение
Объем встроенного ОЗУ	256 Кбайт с расширением до 64 Мбайт
Объем загружаемой памяти:	
встроенной	5,6 Мбайт RAM
расширение	64 Мбайт (флэш-СППЗУ)
Количество блоков (FB/FC/DB)	2048/2048/4095
Организационные блоки:	
диагностических прерываний	ОВ 82
аппаратных ошибок CPU	ОВ 84
ошибок исполнения программы	ОВ 85
прерываний по выходу из строя стойки	ОВ 86
аппаратных прерываний	ОВ 40-ОВ 47
прерываний по снятию/установке модулей	ОВ 83
ошибок времени	ОВ 80
ошибок доступа к периферии	ОВ 122
Времена выполнения:	
операций над битами	0,04 мкс
операций над словами	0,04 мкс
операций арифметики с фиксированной точкой	0,04 мкс
операций с плавающей точкой	0,12 мкс
Количество счетчиков	2048
Количество таймеров	2048
Количество станций	32 (программаторы, ПЭВМ, панели операторов, S7-300, S7-400, процессоры с 64 активными соединениями)
Связь через глобальные данные:	
активные соединения (MPI и K-bus)	64
скорость передачи	до 12 Мбит/с (не более 100 м)
Адресная область для периферии	16/16 Кбайт
Область отображения ввода-вывода	1024/1024 байт
Количество дискретных входов-выходов	131072 каналов
Количество аналоговых входов-выходов	8192 канала
Количество стоек расширения ввода-вывода централизованной конфигурации	21
Адресное пространство на DP станцию	244 байт
Многопроцессорный режим	До 4
Встроенных DP соединителей	1 (ведущий)

Окончание таблицы А.1

Технические данные	Значение
Потребляемый ток (5В/24 В)	1,2 А/не более 150 мА
Потребляемая мощность	15,5 Вт
Габариты	50×290×219 мм
Масса центрального процессора	1,07 кг
Количество модулей:	
Функциональных (FM)	94
CP, PPI	94
CP, LAN	есть
Программно управляемых циклов	1024
Интерфейсы	
MPI/DP	до 12 МБит/с
PROFIBUS-DP	до 12 МБит/с

Таблица А.2 – Характеристики коммуникационного процессора CP 443-1

Технические данные	Значение
Скорость передачи	10 Мбит/с
Соединение с AUI/ITP	15-полюсное гнездо соединителя D-типа
Потребляемый ток:	
от источника питания 5 В	1 А
от источника питания 24 В	Типовое значение: 220 мА; максимальное значение 450 мА
Потребляемая мощность	8,4 Вт
Допустимые условия эксплуатации:	
диапазон рабочих температур	(0-60) °С
диапазон температур хранения и транспортировки	(- 40-70) °С
относительная влажность	95 % при + 25 °С
высота над уровнем моря	3000 м
Габариты	25х290х210 мм
Масса	0,75 кг
Программное обеспечение конфигурирования	NCM S7 для Ethernet
Интерфейс приемопередатчика SEND/RECEIVE:	
количество ISO транспортных соединений	до 64
объем данных пользователя	до 8 Кбайт
S7 функции:	
количество S7 соединений	до 32 (зависит от типа центрального процессора)

Таблица А.3 – Характеристики блока питания PS 407

Технические данные	Значение
Входное напряжение:	
номинальное значение	~ 120/230 В
допустимый диапазон изменений	~ (85-132) В, ~ (170-264) В
Частота переменного тока	
номинальное значение	60/50 Гц
допустимый диапазон изменений	(47-63) Гц
Входной ток:	
номинальное значение (I <sub>н</sub> ) при ~ 120 В	0,55 А
номинальное значение (I <sub>н</sub> ) при ~ 230 В	0,31 А
Выходные переменные:	
номинальное значение	5,1 В / 24 В
допустимые отклонения	5 В + 2 %/- 0,5 % 24 В ± 5 %
Номинальное значение выходного тока:	
источника питания 5 В	10 А
источника питания 24 В	1 А
Минимальный базисный выходной ток:	
источника питания 5 В	200 мА
источника питания 24 В	0
Защита от короткого замыкания	электронная, без памяти
Класс защиты	I с защитным проводом в соответствии с IEC 60536
Изоляция	есть
Потребляемая мощность	46,5 Вт
Рассеиваемая мощность	13,9 Вт
Буферные батареи (по заказу)	1 литиевая АА 3,6 В/1,9 мА·час
Количество разъемов для подключения к стойке	1
Коэффициент полезного действия	83 %
Габариты	25×290×217 мм
Масса	0,78 кг

Таблица А.4 – Характеристики модуля дискретных сигналов SM 421 и SM 422

Технические данные	Значение	
	SM 421	SM 422
Напряжение и токи		
Внешнее напряжение питания L+: номинальное значение допустимый диапазон отклонений защита от неправильной полярности	от 20,4 до 28,8 В 24 В Есть	от 20,4 до 28,8 В 24 В Нет
Потребляемый ток, не более: от внутренней шины контроллера от внешнего источника питания L+/L1	130 мА 120 мА	160 мА 30 мА
Потребляемая мощность	5 Вт	7 Вт
Дискретные входы/выходы		
Количество входов	16	
Количество входов в группе	2×8	
Количество одновременно обслуживаемых входов: горизонтальная установка, до 60° С вертикальная установка, до 40° С	16 16	
Длина входной линии, не более: обычный кабель (длина/ задержка распространения сигнала) экранированный кабель	600 м/ 3,0 мс 1000 м/ 3,0 мс	
Входное напряжение: номинальное значение высокого уровня	24 В от 11 до 30 В	
Входной ток: высокого уровня низкого уровня	от 6 до 12 мА больше 6 мА	от 5 до 2,4 мА не более 0,5 мА
Внутреннее время подготовки данных: при разрешении обслуживания только аппаратных прерываний, не более: входная задержка, одинаковая для обеих групп для внешних отказов при разрешении обслуживания аппаратных и диагностических прерываний	50 мкс 70 мкс 5 мс	
Габариты (Ш × В × Г), мм	25 × 290 × 210	
Масса, кг	0,6	

Таблица А.5 – Характеристики модуля ввода аналоговых сигналов SM 431

Технические данные	Значение
Напряжение и токи	
Номинальное напряжение питания нагрузки L+: защита от неправильной полярности	24 В Есть
Потребляемый ток, не более: от внутренней шины контроллера (5В), не более от внешнего источника питания L+, не более	700 мА 400 мА
Потребляемая мощность	4,5 Вт
Аналоговые входы/выходы	
Количество входов	16
Длина входной линии, м, не более: экранированный кабель	200
Входные каналы напряжение: защита от короткого замыкания ток срабатывания защиты, мА, не более	Есть 30
Параметры входных сигналов, входное сопротивление канала датчики напряжения  датчики силы тока  датчики сопротивления  термопары  термометры сопротивления	±25 мВ, ±50 мВ, ±80 мВ, ±250 мВ, ±500 мВ, ±1 В, ±2,5 В, ±5 В, ±10 В ±5 мА, ±10 мА, ±20 мА, от 0 до 20 мА, от 4 до 20 мА от 0 до 48 Ом, от 0 до 150 Ом, от 0 до 300 Ом, от 0 до 6000 Ом В, R, S, T, E, J, K, U, L, N/1 Мом Pt100, Pt200, Pt500, Pt1000, Ni100, Ni1000/Мом
Температурная компенсация	Есть, программируется
Изоляция, гальваническое разделение цепей	
Испытательное напряжение изоляции между канала- ми, внутренней шиной контроллера и цепями пита- ния нагрузки L+	2120 В
Габариты и масса	
Габариты (Ш × В × Г), мм	25 × 290 × 210
Масса, кг	0,65



Таблица А.6 – Характеристики модуля вывода аналоговых сигналов SM 432

Технические данные	Значение
Напряжение и токи	
Номинальное напряжение питания нагрузки L+: защита от неправильной полярности	24 В Есть
Потребляемый ток, не более: от внутренней шины контроллера (5В), не более от внешнего источника питания L+, не более	150 мА 400 мА
Потребляемая мощность	9 Вт
Аналоговые входы/выходы	
Количество выходов	8
Длина выходной линии, не более: экранированный кабель	200 м
Выходные каналы напряжение: защита от короткого замыкания ток срабатывания защиты, не более	Есть 30 мА
Выходные каналы силы тока напряжение холостого хода, не более	19 В
Диапазон изменения выходных сигналов напряжение силы тока	от ±10 В/1 до 10 В от ±20 мА/4 до 20 мА
Изоляция, гальваническое разделение цепей	
Испытательное напряжение изоляции между каналами, внутренней шиной контроллера и цепями питания нагрузки L+	2120 В
Габариты и масса	
Габариты (Ш × В × Г), мм	25 × 290 × 210
Масса, кг	0,65

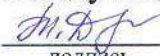
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт цветных металлов и материаловедения

Кафедра автоматизации производственных процессов в металлургии

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 Т.В. Донцова

подпись

« 8 » июля 2020 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

**«Автоматизация процесса измельчения бокситовой руды»**

Направление 15.03.04 Автоматизация технологических процессов  
и производств


Профиль подготовки 15.03.04.01 Автоматизация технологических  
процессов и производств (в металлургии)

Руководитель

 07.07.2020  
подпись, дата


доцент, канд. техн. наук Г.Б. Данькина

Выпускник

 07.07.2020  
подпись, дата

М.Э. Хадсон

Нормоконтролер

 07.07.2020  
подпись, дата

Г.Б. Данькина

Красноярск 2020

Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт цветных металлов и материаловедения

Кафедра автоматизации производственных процессов в металлургии

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 Т.В. Донцова

подпись

« 8 » июля 2020 г.

**ЗАДАНИЕ**  
**НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ**  
**в форме бакалаврской работы**

Студенту

Хадсон Микель Эксель

фамилия, имя, отчество

Группа ЦМ16-16Б Направление 15.03.04 Автоматизация  
технологических процессов и производств

Тема выпускной квалификационной работы «Автоматизация процесса  
измельчения бокситовой руды»

Утверждена приказом по университету № 7434/с от 09.06.2020 г.

Руководитель ВКР Г.Б. Данькина, доцент, канд. техн. наук, каф. АППМ  
инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР: материалы производственной и преддипломной  
практики, техническая и специальная литература, технологический  
регламент, интернет ресурсы.

Перечень разделов ВКР: Технология процесса измельчения бокситовой  
руды, Автоматизация процесса измельчения бокситовой руды, Расчет АСР  
соотношения расходов руда-вода на входе в мельницу, Анализ опасных и  
вредных производственных факторов

Перечень графического материала: схема автоматизации

Руководитель ВКР



подпись

Г.Б. Данькина

Задание принял к исполнению



подпись

М.Э.Хадсон

«20» февраля 2020 г.