

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева

Институт информационных и телекоммуникационных технологий

Кафедра автоматизация и управление

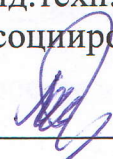
ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой АиУ
д-р. техн. наук, профессор
Б.А. Сулейменов
« 08 » 05 2019 г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту

На тему: «Автоматизация процесса конвертирования медных штейнов»

По специальности 5В070200 - Автоматизация и управление

Выполнил
Абдрасилов А. И.

Научный руководитель
канд. техн. наук,
ассоциированный профессор
 Ибраев А.Х.
(подпись)

« 08 » 05 2019 г.

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева

Институт информационных и телекоммуникационных технологий

Кафедра автоматизация и управление

5B070200 - Автоматизация и управление

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой АиУ

д-р. техн. наук, профессор

Б.А. Сулейменов

«08» 05 2019 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Обучающемуся Абдрасилову А. И.

Тема «Автоматизация процесса конвертирования медных штейнов».

Утвержден Ученым советом института № 412-П от "14" ноября 2019 г.

Срок сдачи законченного проекта: "16" января 2019 г.

Исходные данные дипломному проекту: материалы практики, проектная и эксплуатационная документация технологического процесса и системы автоматизации, отчеты по научно – исследовательской работе, научно-исследовательской работе, научно-техническая литература и каталоги технических средств автоматизации и управления.

Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов или краткое содержание дипломной работы:

Перечень графического материала: общий вид медеплавильного конвертора, принципиальная технологическая схема Жезказганского медеплавильного завода, процесс конвертирования как объект управления

Рекомендуемая основная литература: техническая литература по металлургии из 12 наименований: Грейвер Н.С. Основы металлургии: в 2 т. – М.: Металлургия, 2002. – Т.1, Уткин Н.И. Цветная металлургия (технология отрасли): учебник. – М.: Металлургия, 2009, Пожидаева С.П. Технология конструкционных материалов: Уч. Пособие для студентов 1 и 2 курса факультета технологии и предпринимательства. Бирск. Госуд. Пед. Ин-т, 2002

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева

Институт информационных и телекоммуникационных технологий

Кафедра автоматизация и управление

5B070200 - Автоматизация и управление

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой АиУ

д-р. техн. наук, профессор

Б.А. Сулейменов

«08» 05 2019 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Обучающемуся Абдрасилову А. И.

Тема «Автоматизация процесса конвертирования медных штейнов».

Утвержден Ученым советом института № 442-П от "14" ноября 2019 г.

Срок сдачи законченного проекта: "16" января 2019 г.

Исходные данные дипломному проекту: материалы практики, проектная и эксплуатационная документация технологического процесса и системы автоматизации, отчеты по научно – исследовательской работе, научно-исследовательской работе, научно-техническая литература и каталоги технических средств автоматизации и управления.

Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов или краткое содержание дипломной работы:

Перечень графического материала: общий вид медеплавильного конвертора, принципиальная технологическая схема Жезказганского медеплавильного завода, процесс конвертирования как объект управления

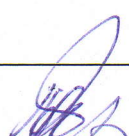
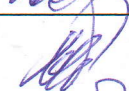
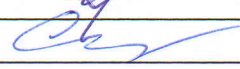
Рекомендуемая основная литература: техническая литература по металлургии из 12 наименований: Грейвер Н.С. Основы металлургии: в 2 т. – М.: Металлургия, 2002. – Т.1, Уткин Н.И. Цветная металлургия (технология отрасли): учебник. – М.: Металлургия, 2009, Пожидаева С.П. Технология конструкционных материалов: Уч. Пособие для студентов 1 и 2 курса факультета технологии и предпринимательства. Бирск. Госуд. Пед. Ин-т, 2002

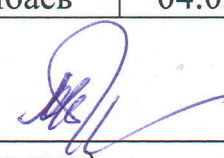
ГРАФИК
подготовки дипломного проекта

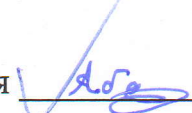
Наименования разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
Технологический раздел	1 марта 2019 г.	
Специальный раздел	20 марта 2019 г.	
Безопасность и охрана труда	30 апреля 2019 г.	
Экономическая часть	30 апреля 2019 г.	

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченный дипломный проект с указанием относящихся к ним разделов проекта

Наименования разделов	Научный руководитель, консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Технологический раздел	к.т.н., Ибраев А.Х., к.т.н., асс.проф.	28.04.2019	
Специальный раздел	к.т.н., Ибраев А.Х., к.т.н., асс.проф.	28.04.2019	
Экономическая часть	к.т.н., Ибраев А.Х., к.т.н., асс.проф.	23.04.2019	
Безопасность и охрана труда	к.т.н., Ибраев А.Х., к.т.н., асс.проф.	23.04.2019	
Нормоконтролер	к.т.н., Н.С.Сарсенбаев	04.05.2019	

Научный руководитель  Ибраев А. Х.
(подпись)

Задание принял к исполнению, обучающийся  Абдрасилов А.И.
(подпись)

Дата " 01 " 03 2019 г.

ОТЗЫВ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ
на дипломный проект

Абдрасилов Алмас

(Ф.И.О. обучающегося)

5B070200-Автоматизация и управление

(шифр и наименование специальности)

Тема: Автоматизация процесса конвертирования процесса медных штейнов

Тема дипломной работы является актуальной и посвящена автоматизации процесса конвертирования медных штейнов и внедрению данной системы в производственные сферы деятельности.

Работа состоит из введения, пяти разделов, заключения и списка использованной литературы.

Работа начинается с описания технологического процесса и описания устройства и анализ существующего объекта.

Вторая глава начинается с описания процесса конвертирования и технологии процесса конвертирования медных штейнов.

Третья глава включает в себя расчет ПИ-регулятора для управления конвертором.

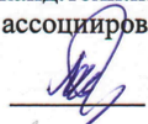
Для реализации имитационного моделирования выбран программно-технический комплекс Matlab с применением приложения Simulink.

Дипломная работа Абдрасилова А. И. является самостоятельной, целостной и выполнена в соответствии с требованиями ГАК, заслуживает высокой оценки и может быть допущена к защите.

В процессе работы автор проекта показал себя дисциплинированным и исполнительным.

Считаю, что дипломная работа заслуживает оценки “**отлично**”, а Абдрасилов А. И. присвоения академической степени “бакалавр” по специальности 5B070200 - “Автоматизация и управления”.

Научный руководитель
канд.техн.наук,
ассоциированный профессор


Ибраев А.Х.
(подпись)

« 08 » 05 2019 г.

Raport podobieństwa



Uczelnia:	Satbayev University
Tytuł:	Автоматизация процесса конвертирования медных штейнов
Autor:	Абдрасилов А.
Promotor:	Ахмет Ибраев
Data Raportu Podobieństwa:	2019-05-06 09:09:56
Współczynnik podobieństwa 1: ?	16,0%
Współczynnik podobieństwa 2: ?	5,1%
Długość frazy dla Współczynnika Podobieństwa 2: ?	25
Liczba słów:	13 243
Liczba znaków:	103 796
Adresy stron pominiętych przy sprawdzaniu:	
Liczba wykonanych sprawdzeń pracy dyplomowej: ?	25



Uwaga, w niektórych wyrazach w tym dokumencie pojawiają się litery z różnych alfabetów. Wystąpienia tych liter zostały wyróżnione. Może to świadczyć o próbie ukrycia niedopuszczalnych zapożyczeń. System zamienił te litery na ich odpowiedniki w alfabecie łacińskim a fragmenty, w których występują, zostały poprawnie sprawdzone. Prosimy o dokonanie szczególnie wnikliwej analizy tych fragmentów raportu.

Liczba wyróżnionych wyrazów 67

<<

Najdłuższe fragmenty zidentyfikowane jako podobne

Lp.	Tytuł lub adres url źródła (Nazwa bazy)	Autor	Liczba identycznych słów	Usuń zaznaczenia
1	URL_ https://knowledge.allbest.ru/manufacture/2c0b65635b3bc69b4c43a88521316d37_0.html		106	
2	URL_ https://knowledge.allbest.ru/manufacture/2c0b65635b3bc69b4c43a88521316d37_0.html		86	
3	URL_ https://knowledge.allbest.ru/manufacture/2c0b65635b3bc69b4c43a88521316d37_0.html		84	
4	URL_		83	

Протокол анализа Отчета подобия

заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения

Заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения заявляет, что ознакомился (-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой появления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Абдралилов А.И.

Название: «Автоматизация процесса конвертирования медных штейнов»

Координатор: Сарсенбаев Н.С.

Коэффициент подобия 1: 16.0%

Коэффициент подобия 2: 5.1%

Тревога: 25

После анализа отчета подобия заведующий кафедрой/начальник структурного подразделения констатирует следующее:

- ☒ обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, работа признается самостоятельной и допускается к защите;
- ☐ обнаруженные в работе не обладают признаками плагиата, но из чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- ☐ обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, работа не допускается к защите.

Обоснование:

.....
.....
..... к защите допущен
.....

..... 08.05.2019
.....

Дата

Подпись заведующего кафедрой / начальника
структурного подразделения

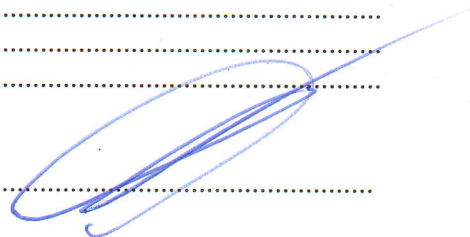
Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

к защите допущен

08.05.2019

Дата

Подпись заведующего кафедрой / начальника
структурного подразделения



Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения в отношении работы:

Автор: Абдрасилов А.И.

Название: «Автоматизация процесса конвертирования медных штейнов»

Координатор: Сәрсенбаев Н.С.

Коэффициент подобия 1: 16.0%

Коэффициент подобия 2: 5.1%

Тревога: 25

После анализа Отчета подобия констатирую следующее:

- ☒ обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- ☐ обнаруженные в работе не обладают признаками плагиата, но из чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- ☐ обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование:

к защите допущен

08.05.2019

Дата

Подпись Научного руководителя

АННОТАЦИЯ

Дипломдық жұмыстың негізгі мақсаты кәсіпорында мысты дайындаудың технологиялық процесін зерттеу болып табылады. Жұмысты орындау барысында осы салада автоматтандыруды қолданудың негізгі тәсілдері зерттелді. Дипломдық жұмыс бес бөлімнен тұрады, олардың әрқайсысы таңдалған тақырыптың өзектілігін егжей-тегжейлі көрсетеді. Әрбір бөлікте технологиялық процестер егжей-тегжейлі сипатталған және таңдалған басқару объектісін ескере отырып, есептеу материалдары келтірілген. Сондай-ақ кәсіпорынның сипаттамасы, құрылым сипаттамасы және жұмыс істейтін қызметтің талдауы сипатталды.

Басты мәселе мыс балқыту зауытының жұмысында автоматтандырылған құрылғыларды қолдану болып табылады. Сондай-ақ, таңдалған аппаратураның негіздемесі мен құрастырылуы, конструкция жоспары келтіріледі.

АННОТАЦИЯ

Основной целью дипломной работы является исследование технологического процесса изготовления меди на предприятии. В ходе выполнения работы были изучены основные способы применения автоматизации в этой области. Дипломная работа состоит из пяти частей, каждая из которых подробно раскрывает актуальность выбранной темы. В каждой из частей подробно описаны технологические процессы и приведены расчетные материалы, с учетом выбранного объекта управления. Также были описаны характеристики предприятия, описание конструкций и анализ деятельности функционирующей деятельности.

Главным вопросом является применение автоматизированных устройств в работе медеплавильного завода. Так же приводятся обоснования и компоновка выбранной аппаратуры, план конструкции.

ANNOTATION

The main purpose of the thesis is to study the technological process of copper production in the enterprise. In the course of the work were studied the main ways of using automation in this area. The thesis consists of five parts, each of which reveals in detail the relevance of the chosen topic. Each part describes in detail the processes and calculation materials, taking into account the selected control object. The characteristics of the enterprise, the description of designs and the analysis of activity of functioning activity were also described.

The main issue is the use of automated devices in the operation of the copper smelter. Also provides justification and layout of the selected equipment, design plan.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	10
1 Исследование технологического процесса изготовления меди в существующем предприятии	11
1.1 Литературный анализ научно-технической и патентных данных по конвертированию медных штейнов	11
1.2 Анализ деятельности функционирующего предприятия	14
1.3 Краткая характеристика предприятия	15
1.4 Практическая деятельность по конвертации медного штейна	16
1.5 Описание конструкции	20
2 Специальная часть	22
2.1 Характеристика процесса конвертирования медных штейнов как объекта автоматизации	22
2.2 Назначение и цель создания АСУ ТП КВ	24
2.3 Функциональная структура АСУ ТП КВ	27
2.4 Характеристика комплексов задач	29
2.5 Математическое описание (описание алгоритма)	37
2.6 Техническое обеспечение	46
2.7 Расчет технико-экономических показателей	47
2.8 Разработка математической модели печи процесса конвертирования	48
2.9 Процессы шлакообразования в расплаве	50
3 Расчетная часть	55
3.1 Расчет настроек ПИ-регулятора	55
4 Расчет экономических показателей	65
4.1 Экономическое обоснование целесообразности автоматизации объекта, сметно-финансовый расчет стоимости ТСА, расчет амортизационных отчислений	65
4.2 Расчет численности и фонда заработной платы рабочих, смета эксплуатационных затрат, расчет экономической эффективности	68
5 Охрана окружающей среды правила техники безопасности	72
5.1 Техника безопасности на участке контрольно-измерительных приборов и автоматики	72
5.2 Мероприятия по охране труда и окружающей среды на предприятии	75
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	76
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	77

ВВЕДЕНИЕ

Медь один из ключевых стратегически значимых тяжелых цветных металлов. Масштабы потребление меди солидны, а употребление меди весьма велик. Металл и её сульфид являются превосходными коллекторами золота и серебра, то что делает вероятным значительную вытяжку благородных металлов при производстве меди.

Конвертеры применяются в цветной металлургии с целью переработки медных либо никелевых штейнов. Конвертирование медного штейна считается последующей стадией, после плавки медного концентрата. Основной материал для медеплавильного конвертора является жидкий штейн из печи температурой 1100-1150°C. Помимо штейна, в конвертер загружают медную руду, медный скрап, разнообразные медьсодержащие оборотные материалы в маленьких количествах.

Процесс конвертирования технологически можно разбить в 2 этапа: 1) В первоначальном этапе, что продолжается с нескольких часов вплоть до дней в зависимости от качества исходного использованного материала, разнообразные примеси с ванны переходят в шлак. 2) Во 2-ой этапе длительностью 2-3ч выходит черновая медь, что направляется далее в рафинирование. Процесс конвертирования обладает очевидно окислительный вид. В следствии продувания ванны воздухом содержащиеся в штейне химические компоненты (железо, кобальт, сера, мышьяк, цинк, свинец и т.д.) окисляются. Приобретенные окислы удаляются либо с газами (SO_2), или с шлаком.

С целью наиболее полного ошлакования окислов на протяжении 1-го этапа в конвертер загружают кварц. Процедура конвертирования носит периодичный вид. Неоднократно в течение первого этапа с конвертера сливают шлак и в него добавляют штейн. Если набирается достаточное число рафинированного белого штейна (вплоть до 1/3 внутреннего диаметра барабана), начинается 2-ой этап процесса конвертирования. Теперь же ванну усиленно продувают воздухом уже без участия подачи кварца. При этом сера окисляется и в конвертере остается черновая медь.

1 Технологическая часть

1 Исследование технологического процесса изготовления меди в существующем предприятии

Жезказганский медноплавильный завод получает металл согласно стандартной пирометаллургической схеме, включающей в себе стадии: электроплавка медных экстрактов в штейн, конвертирование штейна с последующим получением черновой меди, рафинирование черновой меди с использованием огня в анодных печах с последующим получением анодов, электролитное рафинирование анодов с последующим получением товарной катодной меди.

Этап конвертирования считается необходимым компонентом этой схемы, так как значимой альтернативы процессу конвертирования вплоть до нынешнего времени ещё отсутствует. В данный момент разрабатываемые процессы высокотемпературного и низкотемпературного выщелачивания медных штейнов не находят применения в промышленности.

Процесс конвертирования медных штейнов был известен ещё с 1880 года, когда, горный инженер Ауэрбах создал конвертер с боковым месторасположением фурм и впервые ему удалось получить в нем черновую медь.

Конвертерное перераспределение считается переходной стадией в технологической схеме извлечения товарной меди и взаимоувязан как с предшествующими, таким образом и с дальнейшими стадиями едиными автотранспортными и технологическими потоками.

1.1 Литературный анализ научно-технической и патентных данных по конвертированию медных штейнов

Наиболее популярная вплоть до настоящего момента методика предусматривает неотъемлемое применение последующих металлургических процессов: электроплавка на штейн, а так же конвертирование медного штейна, огневое и электролитное рафинирование меди. В ряде ситуации перед плавкой в штейн проводят подготовительное окислительное обжигание сульфидного сырья, к примеру, Средне-Уральский медеплавильный завод. Процедура конвертирования медного штейна представляет собой периодическое действие, связанным с простоями между операциями с целью подготовки конвертера к последующей процедуре. Это основной недостаток процесса конвертирования медного штейна, с целью преодоления которого разрабатывают в настоящее время процесс постоянного конвертирования [1]. Непрерывная процедура получения черновой меди связан с ростом содержания меди в шлаках вплоть до 3-7 %. С содействием циркуляционного способа проведено исследование согласно исследованию равновесного распределения меди в системе медь -

высокожелезистый шлак - газовая среда в зависимости от добавок оксида бора, сульфата кальция и содержания диоксида серы в газовой фазе при 1250 °.

Результаты: примесь сульфата кальция и оксида бора к высокожелезистому шлаку содействует уменьшению уровня окисленности шлакового расплава, разукрупнению сложных кремнекислородных комплексов с возникновением оксида кальция и формированию легкоплавких низкотемпературных боратов железа и кальция. Это приводит к улучшению физико-химических качеств шлакового расплава и сокращению общих потерь меди со шлаками [2].

Также рассматриваются трудности концепции, разработки технологий и оснащения для извлечения черновой меди на базе постоянных бесконвертерных процессов. Исследована кинетика процессов окисления штейновых расплавов и восстановления оксидов металлов и шлаковых расплавов. Сделаны заключения, то что удачное окончание двухлетней программы по гранту USAID (США) “Экологически чистый процесс извлечения черновой меди» и научно-технические контакты с Технионом дадут возможность получить новейшие физико-химические сведения в области теории непрерывных схем производства черновой меди; осуществить численные расчеты быстроты окислительных и восстановительных действий для установления наиболее медлительной стадии всего процесса; получить новейшие сведения по структуре богатых по меди и переокисленных шлаковых расплавов, определить формы потерь меди и иных цветных металлов с целью их применения для численной оценки технологических и энергетических характеристик электротермического возобновление шлаков.

Есть предложения по безшлаковому производству черновой меди - новейший способ, который основан на: плавке в отдельном агрегате только лишь 1-го концентрата с максимально допустимым содержанием меди в нем; последующем конвертировании всей расплавленной массы концентрата, прибывающей с печи в варианте штейна и шлака вместе с получением окончательного продукта: черновой меди и конверторного шлака; удалении пустой породы из хода через конверторный шлак с последующим доизвлечением меди обогатительным либо металлургическим посредством.

Главное превосходство метода заключается в рациональном изменении научно-технического порядка хода производства предварительный меди в функционирующем оснащении. Экономический итог добивается из-за результата снижения расходов согласно теплота- и электричества в печах, несогласия применения известняка и кварцевого песка, уменьшения расхода примененных использованных материалов, форсирования хода производства предварительный меди [4].

Для создания железосиликатного расплава - шлака в начальной форме конвертирования в конвертер подают полупроводник(кварц). Был предложен метод, в котором штейн подают, кремнистый флюс в виде жидкого отвального шлака после электроплавки медных концентратов, а также продувку штейна газа с высоким кислородсодержанием. В виде флюса сперва подают жидкий

отвалочный шлак в численности 5-16 массы. % от массы общего перерабатываемого штейна, а затем кварцевую руду в численности 10-16 массы. % от массы переработанного штейна.

В целом технологическая модель извлечения товарной меди в Жезказганском медеплавильном заводе показана в рисунке 1.1

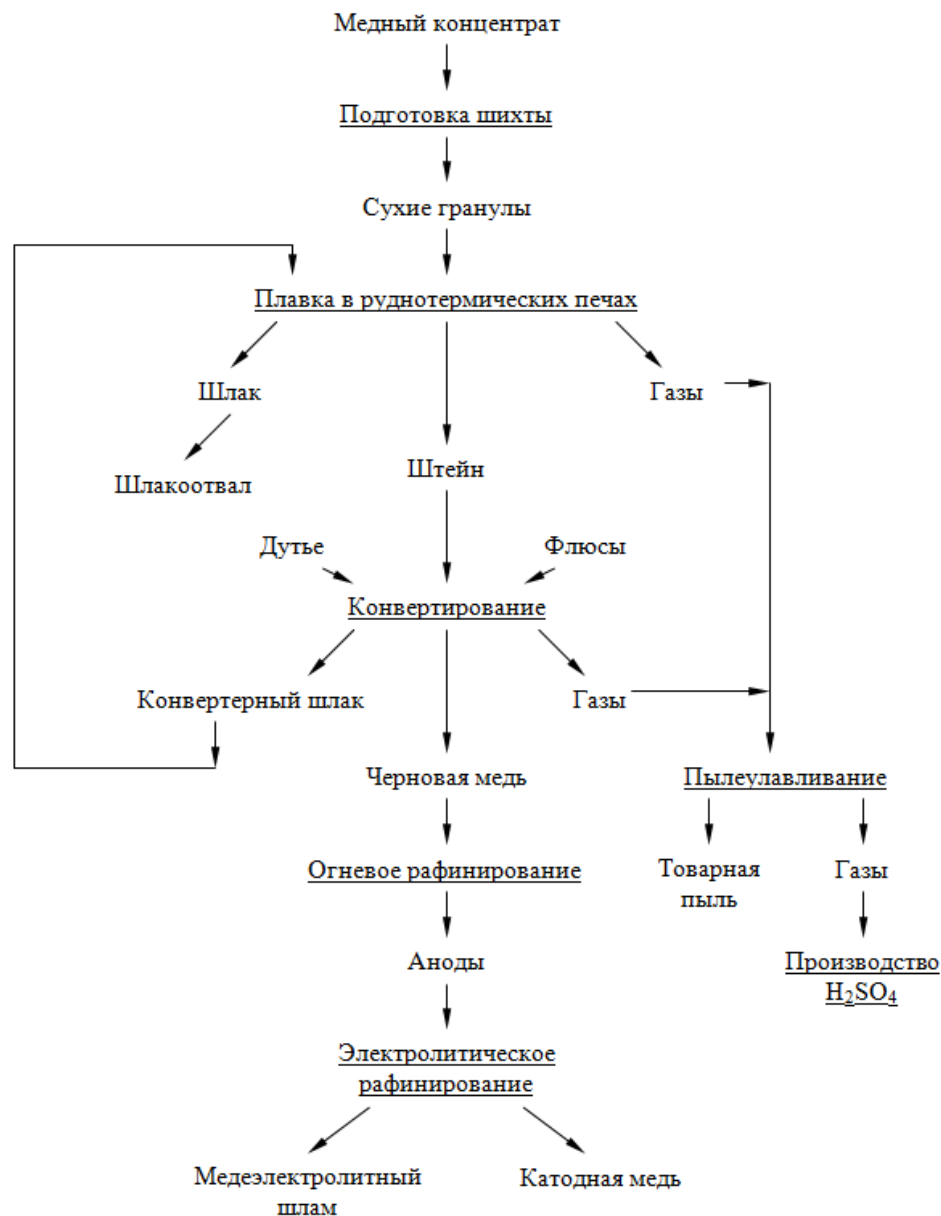


Рисунок 1.1 - Принципиальная технологическая схема Жезказганского медеплавильного завода

Кроме того, предлагают результативный способ конвертирования полиметаллических штейнов, которая дает возможность извлечь медь в черновую вплоть до 98-99 % с получением внушительных марок черновой меди МЧ-1,2. Сущность технологического процесса заключается в следующем. В выработанный в начальной стадии слой конвертерного шлака подается сульфидный медьсодержащий продукт при отношении его к массе расплава

подают селективный медный концентрат, присутствует с отношением (0,3-0,5):1. Во 2-ой стадии конвертирования вплоть до формирования шлака в массу расплава заливают селективный медный концентрат при соотношении его к массе расплава (0,16-0,5):1.

Созданная методика дает возможность дополнительно извлечь медь и свинец с концентратов, загружаемых в первоначальный и 2-ой этапах; за результат уменьшения содержания меди в конвертерном шлаке и извлечения ее с концентратов, избегая периода агломерации и плавки, увеличить получение меди в черновую медь с 95,6 вплоть до 98-99 %; в следствии глубочайшей возгонки свинца увеличивается его получение в конвертерные пыли в 1,5-2 раза; из-за счет возобновления магнетита с шлака увеличивается содержание сернистого ангидрида в газах в 1,5 раза; увеличивается совокупность применения сырья; улучшается экологическая обстановка. При этом увеличивается качество черновой меди с маркий МЧ-6,5 вплоть до МЧ-1,3 [6].

Конструктивное формирование процесса формирует определенные проблемы для осуществления абсолютно всех технологических возможностей процесса. Для извлечения бедных шлаков с невысоким содержанием магнетита нужны наиболее большие температуры, никак не достижимые в практике из-за стремительного выхода футеровки с строя. В том числе и присутствие существующих обстоятельствах ведения процесса деятельность конвертера составляет 1,5-3 мес. Согласно истечении данного времени необходимо замена, хотя бы, футеровки фурменного пояса. По данной проблеме была проведена деятельность, целью которой являлось установление стойкости огнеупорной футеровки фурменной области медеплавильных конвертеров. Пробовались периклазохромитовые огнеупоры, произведенные в комбинате «Магнезит» с применением остатков электроплавки периклазсодержащих использованных материалов. Изделия обладали следующими характеристиками свойства: предел прочности при сжатии 74,7-101,3 Н/мм²; пористость открытая 13,4-15,4 %; термоустойчивость 5-10 водных теплосмен; температура деформации 1580-1600 жидких теплосмен; температура старта деформации 1580-1600° С. Огнеупоры включали, мас. %: MgO 76,4-77,8; Cr₂O₃ 12,3-14,5. Совокупность оксидов кремния и кальция, которые образуют легкоплавкие силикатные соединения, составила 3-5 %, число которых приблизительно в 2 раза меньше, нежели у используемых огнеупоров. Уже после остановки конвертера сделанные замеры остаточной толщины огнеупоров фурменной области выявили, то что изнашивание огнеупоров составляет 2,74-3,23 миллиметров за одну плавку, т.е. в 15-20 % меньше прежде используемых огнеупоров [7].

1.2 Анализ деятельности функционирующего предприятия

Данное предприятие функционирует согласно технологической схеме конвертирования в горизонтальных 80-т конвертерах в периодическом режиме. В ходе процесса возникают запыленные газы, черновая медь и конвертерные

шлаки. Последние считаются используемым продуктом и направляются в плавильные печи в расплавленном состоянии с целью дальнейшего обеднения.

Режимные параметры процесса конвертирования приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 Режимные параметры конвертирования

индикаторы	Величина
1	2
Количество штейнов, т:	
- на зарядке	40 - 70
- для всего набора	120 - 160
Количество простуд от массы горячего штейна, %	До 15
Набор матового и белого матового, мин.	160 - 250
Медный воск, мин	130 - 160
Штамповка фурм, литье меди, чистка шеи, мин	80 - 170
Расход воздуха, тыс. нмЗ / ч:	
- в комплекте	40 – 50
- о варке меди	Свыше 40
Давление в пылевой камере, Па	10,8 - 31,4
Сброс в воздуховодах за циклонами, Па	598 - 892
Содержание, %:	
- медь в матовой	43 – 56
- диоксид кремния в потоке преобразователя	66 – 75
- Медь в конвертерном шлаке	< 6
- диоксид кремния в конвертерном шлаке	24 – 28
- серный ангидрид в точке продажи	> 4,5
Массовая температура, °С:	
- 1 период	1300 - 1350
- 2-й период	1350 – 1390
- перед газами SEF	° 400
- дымососы для газов	° 550

Объем возникающих шлаков внушителен, они достаточно богаты по меди, из-за недостаточного распределения фаз, обусловленного медленным обогащением штейна.

1.3 Краткая характеристика предприятия

Построение проектируемого цеха конвертирования медных штейнов намечено в территории промплощадки компании «Казахмыс» который находится в городе Жезказган. Компания связывает Балхашский горно-металлургический комплекс, Жезказганский ГОК, Восточно-Казахстанский комбинат, 3 теплоэлектроцентрали, 2 угольных разреза в районе г. Караганда.

Предприятия Жезказганского района - это комплекс с завершенным циклом изготовления с добычи руды вплоть до выпуска катодной меди, в

котором заняты 55 тыс. людей. Ключевые предприятия: 5 рудников, 3 обогатительные производства, медеплавильный завод, учреждение НИПИцветмет, литейно-механизированный завод, завод горно-шахтового оснащения, компании промышленного жд транспорта и несколько вспомогательных отраслей и производств, которые обеспечивают транспортное и ремонтное техобслуживание.

Основным пределом компании считается Жезказганский медеплавильный завод. Завод состоит из 4 главных цехов: цеха подготовки шихты, плавильного (цехов: цеха подготовки шихты, плавильного включающего, конвертирование, электроплавку и анодное очищение(рафинирование), электролитного и сернокислотного.), электролитного и сернокислотного. Кроме того существует несколько вспомогательных цехов и зон, исполняющие разнообразные ремонтные и дополнительные службы.

Главной сырьевой базой Жезказганского медеплавильного завода считается Жезказганское месторождение. Данное месторождение представляет собою горнорудный бассейн. Руды находятся возле земной коры, что дают возможность осуществлять исследование месторождения открытым методом, обуславливающую собою сравнительно невысокую цену руды.

В качестве флюсовой кварцевой руды предназначается медная руда собственного месторождения и чужая золотосодержащая кварцевая руда. Известняк также собственного месторождения.

ЖМЗ изготавливает обширный диапазон товарной продукции:

- катодная медь, производится 2-ух марок - М000К и М00К;
- свинцовая пылеобразование, выполняется 3-х марок: ПФГ-2, ПФГ-4, ПФГ-5;
- серная кислота, выпускается 2 вида: техническая 1 сорт (90-92 %) и техническая 2 сорт (10-12 %);

Жезказганская катодная медь соответствует требованиям международного эталона и пользуется огромным спросом за границей и в государствах СНГ. Высочайшее качество продукта гарантируется высоким технологическим уровнем её изготовления. В заводе регулярно выполняется большая работа по внедрению новейшего, наиболее результативного оснащения и увеличения финансовых характеристик отдельных операций общего цикла технологического процесса.

1.4 Практическая деятельность по конвертации медного штейна

Технологический процесс конвертирования медного штейна осуществляется в горизонтальных 80-метровых конверторах. Корпус преобразователя выполнен из котловой стали толщиной 30 миллиметров. В корпусе преобразователя установлены 2 обода, на которые он опирается на 4 пары роликов, установленных в фундаменте. Цилиндрическая часть преобразователя закрыта с концов плоских днищ. Внутренняя часть корпуса

облицована хромомagneзитовым кирпичом. Различают следующие элементы кладки: лещ, фурменный пояс, область над фурмой, свод, концы, арки. Лещ облицован кирпичом в 2 слоя, сухим на хромомagneзитовом порошке общей толщиной 460 миллиметров. Пространство между корпусом и кирпичной кладкой толщиной 40 мм заполнено асбестозом. Ремень фурмы изготовлен из крупного кирпича общей толщиной 690 миллиметров в растворе хромомagneзитового порошка и жидкого стекла. Приповерхностная зона - переход от области фурмы к толщине 2-го оката осуществляется стробированием со ступенчатым побегом. Арка заложена в 2 оката. Укладка арки производится в перевязочной форме.

Укладка концов выполняется на всю высоту 2 кирпича. Сверху, в середине трубчатой части цилиндра конвертера, имеется отверстие, через которое в конвертер заливают штейн, загружают флюсы и холодные использованные материалы, сливают шлак и черновую медь, а технологические газы сливают. В конце преобразователя на задней части воздуховода имеется отверстие для установки форсунки для мазута. Для подачи струи в конвертер по образующей части корпуса сзади его задней стороны установлен фурменный коллектор с 48 фурмами, из которого фурменные трубки с внутренним диаметром от 41 до 49 мм поступают в конвертер через конвертер. фурменный ремень. Вращение преобразователя осуществляется с помощью зубчатой передачи с помощью редуктора от электродвигателя переменного тока. В случае потери напряжения в сети или прекращения подачи воздуха осуществляется аварийное вращение преобразователя от двигателя постоянного тока. Над любым конвертером, с левой и с правой стороны, каждый имеет бункер вместимостью 60 тонн для руды. Флюсовая руда поступает в цех по концепции транспортировки потока из цеха подготовки шихты и выгружается в бункер с помощью переносного реверсивного ленточного конвейера. Распылитель с водяным охлаждением установлен над горловиной преобразователя между потоками потоков, который предназначен для отвода газов из преобразователя. Перед усилителем установлена подвижная заслонка, которая, двигаясь в направлении вдоль скошенного торца, уплотняет отверстие между цилиндром преобразователя и усилителем. Над опрыскивателем установлена система выпуска отработавших газов.

Для уменьшения притока воздуха преобразователи оснащены: дроссельной заслонкой, спускающейся и поднимающейся с помощью пневматики, а также шторами с боковой стороны преобразователя. Аналогичным образом, выхлопная система преобразователя содержит следующие компоненты: шторы преобразователя, демпфер поворота и качения, система выпуска дыма из выхлопной системы, установленную на любом преобразователе и служащую для всасывания газов и подачи их в вентиляционный канал фильтра. За распылительной камерой расположена трехсекционная пылесборная камера, облицованная кирпичом шамота, в которой находится жесткая пыль.

Газы из пылевой камеры через 4 циклонов из нержавеющей стали, по 2 с каждой стороны, в соответствии с нисходящим газовым каналом поступают на всасывание двух дымососов, а затем через выпускной газовый канал в канал перед тем, как сухие электрофилтры очищают от пыли и затем для производства серной кислоты. Технологический процесс конвертации включает в себя следующие процедуры: период - зарядка конвертера, набор матового и тестирование белого матового; стадия - варка меди, заливка меди. Кроме того, технологическими операциями считаются образование пузырей и намотка конвертера, чистка горловины, чистка фурм, обработка и подготовка металлургических ковшей. Зарядка конвертера выполняется в последующей очередности: убирают настилы, подмазывают горловину и прочищают все без исключения фурмы проводником с повышенным диаметром головки. В конвертер заливают 60 т штейна (3 ковша).

Уже после окончания зарядки конвертер устанавливается под дутье и «разгоняется», в таком случае температура в близка к рабочей. Процедура увеличения температуры следует осуществлять максимально быстро (от 5 до 10 мин.), для чего же употребление воздуха на конвертер в данный промежуток обязан быть 37000 $\text{м}^3/\text{ч}$ [1]. В конвертер в соответствии с телескопической течке загружают 2,2 - 2,5 т кварцевого флюса. Выполняется отработка зарядки, в этом случае имеется продувание залитого в зарядку штейна вплоть до богатейшей по меди массы и шлака. Конвертер выводится из-под дутья и уже после 2-3 минут. отстоя выполняется отлив шлака в ковш, поставленный под носком горловины конвертера и уже после чего он заливается в плавильную печь.

В конвертер заливается 1 ковш горячего штейна и он ставится под дутье. Под дутьем в конвертер порциями производится загрузка флюса и отрабатывается снова залитый штейн. После отработки штейна и слива шлака, производится в данном порядке заливка последующей порции штейна и подобным способом вплоть до тех пор, до тех пор пока в конвертер никак не будет залито 9 - 11 ковшей штейна и никак не слит полностью шлак. Получение белого матта производится следующим методом. Вся масса в конвертере продувается, обогащается вплоть до белого матта. Шлак с белого матта, имеющий высоким содержанием меди, заливается в 1 из конвертеров, пребывающих в наборе. Общие принципы выполнения набора состоят в поддержании расхода воздуха 36000 $\text{м}^3/\text{ч}$ и температуры в конвертере никак не ниже 1300° С, для чего разовая загрузка флюсов и холодных использованных материалов обязана выполняться отдельными дозами по 3 - 5 тонн.

Загрузка флюсов обязана выполняться равномерно. Зарядка преобразователя выполняется в следующей последовательности: они очищают настилы, смазывают шейку и очищают все без исключения фурмы с помощью анкера с увеличенным диаметром головки. 60 тонн матового стекла (3 ведра) заливаются в конвертер[1].

По окончании зарядки преобразователь устанавливается возле взрыва и «ускоряется», и в этом случае температура приближается к рабочей. Процедура

повышения температуры должна проводиться как можно быстрее (от 5 до 10 минут), для чего использование воздуха в преобразователе в этот период должно составлять 37000 Нм³ / ч.

В конвертер, согласно телескопическому желобу, загружено 2,2-2,5 тонны кварцевого флюса. Идет проверка заряда, в этом случае происходит продувка штейна, залитого в зарядку, до самой богатой по массе меди и шлака.

Конвертер выходит из взрыва и через 2-3 минуты. шлак заполнен отливом шлака в ковше, расположенном под носком горловины конвертера, и после этого выливается в плавильную печь. 1 ведро с горячей матовой смесью наливают в конвертер и помещают под взрыв. Под струей в конвертере загрузка флюса осуществляется порциями, и штейн, который снова залито, обрабатывается. После того, как штейн будет добыт и шлак слит, следующая порция штейна разливается в указанном порядке и аналогичным образом до тех пор, пока в конвертер не будет засыпано от 9 до 11 ковшей, и шлак не будет полностью слит.

Получение белого матта производится по следующей методике. Вся масса в конвертере продувается, обогащается до белого матового цвета. Белый матовый шлак, имеющий высокое содержание меди, разливается в 1 конвертер в комплекте. Основными принципами комплекта являются поддержание потока воздуха 36000 Нм³ / ч и температуры в конвертере не ниже 1300 ° С, для которой требуется отдельная загрузка флюсов и холодных использованных материалов в отдельности дозы от 3 до 5 тонн.

Загрузка флюсов должна осуществляться равномерно. Задержка в загрузке потоков приводит к образованию магнетитового шлака и может полностью нарушить процедуру конверсии. Для одного обычно комплектного комплекта конвертер должен быть загружен (в дополнение к жидкому мату): 15–25 тонн флюсов, 1–2 ведра использованных холодных материалов.

Кипение меди происходит путем продувания полученного белого матового материала до полного окисления серы и образования в нем черновой меди. Для снижения содержания вредных примесей мышьяка и сурьмы в черновой меди за 30–40 минут до окончания процесса варки меди известняк (сгоревший) загружается в конвертер в количестве 0,5 тонны для плавки. Загрузка флюсов не производится. Для снижения температуры процесса обрабатывают медную кожуру и лом.

Медь разливают после определения готовности меди по типу медной корки на фурме в ковшах, которые транспортируются мостовыми кранами на очистку от огня. Перед розливом в конвертер извлекают из дутья и проводят подготовительные работы для следующего расплава.

Очистка фурм (фурм) осуществляется периодически, в результате разрастания фурм расход воздуха на конвертер упадет до 30000 Нм³ / ч. Очистка фурм производится с помощью пневмомеханической машины обучения (PFM).

Подача воздуха в преобразователь производится в следующей последовательности. Дежурный газовик и водитель станции воздухоудвки предупреждены, что преобразователь находится под взрывным воздействием.

По команде преобразователя воздушный клапан открывается и воздух поступает в преобразователь.

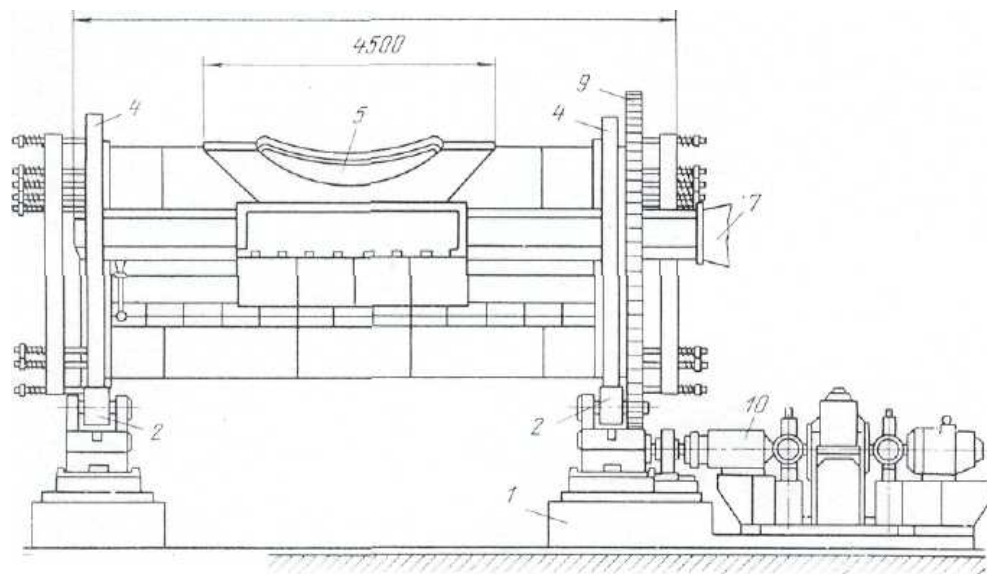
Преобразователь вращается, а фурмы погружаются в слой расплавленной массы и с этого момента он начинает дуть покрывает все тепловые потери преобразователя во внешнюю среду и позволяет обрабатывать большое количество материалов с низкой температурой в конвертере. Обогащение кислородом улучшает работу преобразователя.

Удаление конвертерных шлаков, образующихся в процессе отдельной обработки, нецелесообразно. Конвертерные шлаки по выбранной технологической схеме представляют собой переработанный продукт и заливаются в плавильные печи с целью их обеднения.

1.5 Описание конструкции

Основная рабочая часть конвертера – цилиндрический стальной сварной кожух, футерованный изнутри магнезитовым кирпичом. Конвертер представляет собой горизонтальный барабан из котельного железа диаметром 2 - 4 м и длиной 6 - 10 м.

На рисунке 1.2 изображен общий вид конвертера



1 — фундамент; 2 — опорные ролики; 3 — бочка; 4 — опорный обод; 5 — горловина; 6 — футеровка; 7 — воздушный коллектор; 8 — фурма; 9 — зубчатое колесо; 10 — привод для вращения бочки

Рисунок 1.2 – Общий вид конвертера

Конвертер размещен на опорных роликах и может поворачиваться на угол 150°. Для поворота конвертера предназначен электродвигатель с редуктором. Воздух в конвертер подается из общего цехового ресивера через фурмы. В верхней части конвертера расположена горловина, через которую загружают

исходные материалы и выгружают шлак и черновую медь. Конвертер имеет два основных положения: рабочее, горловиной вверх, и загрузочное, с горловиной сбоку.

Газы из конвертера удаляются через напыльник, выполненный из котельной стали и футерованный огнеупорным кирпичом. Значительное содержание SO_2 в газах (до 15-17%) позволяет использовать их в сернокислотном производстве. Для очистки этих газов так же стоит котел утилизатор, батарейный циклон и электрофильтр.

2 Специальная часть

2.1 Характеристика процесса конвертирования медных штейнов как объекта автоматизации

Как объект управления конверторный передел представляет собой дискретно-непрерывный процесс, характеризующийся значительной инерционностью, большим количеством входных и выходных переменных, их коррелированностью и трудностью их непрерывного измерения, влиянием возмущающих воздействий, наличием транспортных запаздываний. В рамках процесса конвертирования можно выделить следующие основные операции: заливка штейна и подача флюсов (кремнезема), продувка расплава (подача воздуха или кислородно-воздушной смеси), слив конвертерного шлака, удаление отходящих газов, слив черновой меди. Соответствующая иллюстрация приведена на рисунке 2.1. Анализ технологического процесса конвертирования как объекта управления показывает, что он характеризуется следующими особенностями:

1) Дискретность (периодичность) технологических операций заливки штейна и слива конвертерного шлака, непрерывность процесса продувки с окислением сульфидов и шлакообразованием;

2) Многомерность процесса, характеризующемуся большим количеством входных и выходных переменных;

3) Нестационарность процесса, обусловленная изменением состава и качества штейна и флюсов, изменением расхода дутья, старением агрегатов, изменением тягового режима, влиянием погодных условий.

4) Стохастический характер возмущающих воздействий на процесс в виде отклонении химического состава исходных материалов от средних значений и случайных возмущений на процесс

5) Временное запаздывание между выходом и входом процесса, обусловленное значительной инерционностью и запаздыванием объектов, величина которого различна для отдельных каналов объекта

6) Неполнота информации о составе и свойствах штейна и конвертерного шлака, обусловленная характером контроля химического состава штейна, конвертерного шлака, значительной погрешностью контроля в связи с неоднородностью масс, погрешностью анализов, значительными запаздываниями каналов контроля, обусловленных затратами времени на транспортировку, подготовку и анализ проб.

Процесс конвертирования как объект управления можно схематически изобразить следующим рисунком 2.1.

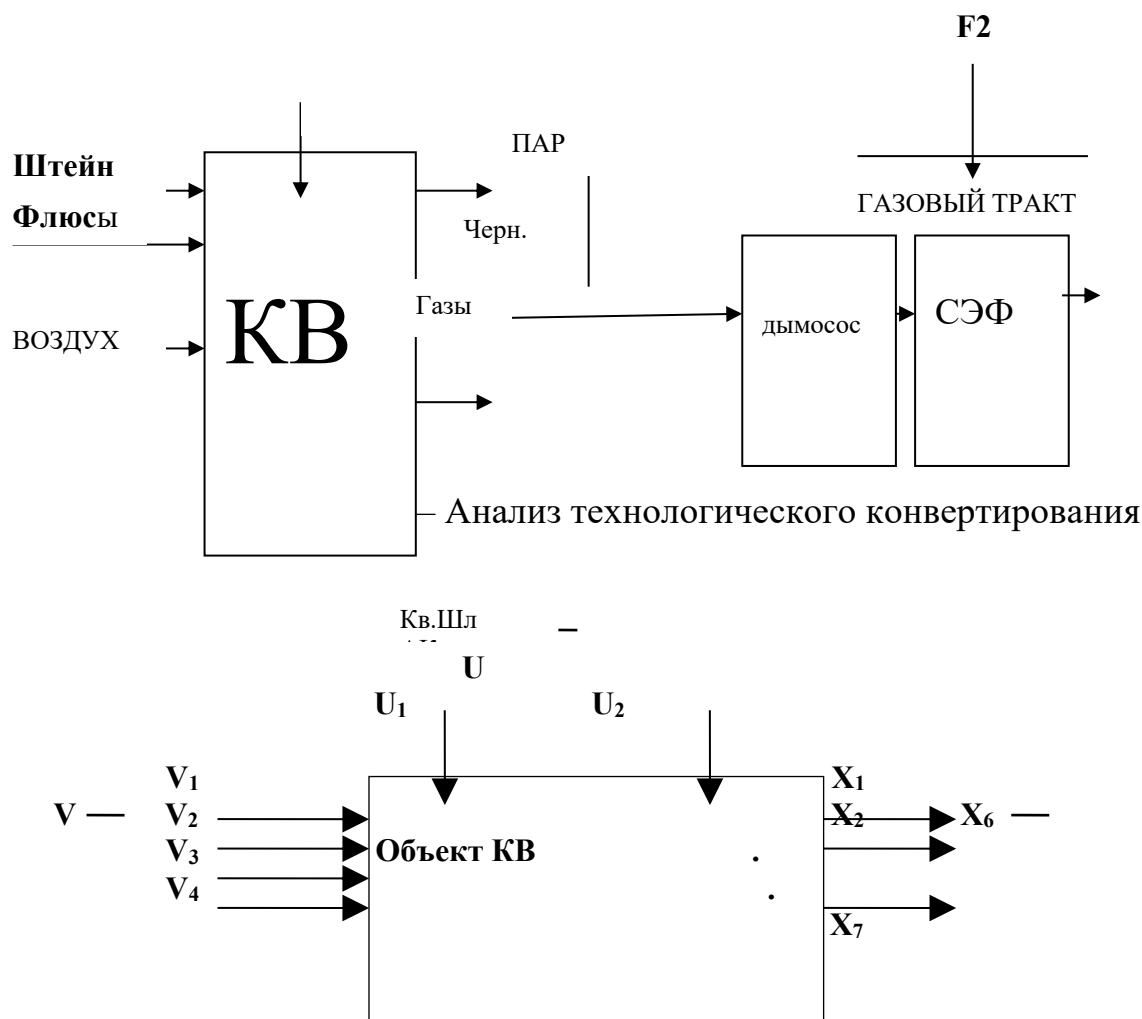


Рисунок 2.1 Процесс конвертирования как объект управления

На схематическом изображении объекта управления обозначены:

- вектор входных управляющих воздействий U_2 ,
- вектор входных возмущающих воздействий V ,
- вектор выходных переменных X

Вектор V (V_1 , V_2 , V_3 , V_4) имеет следующие компоненты

- V_1 - содержание серы в штейне (%)
- V_2 - содержание меди в штейне (%)
- V_3 - содержание соединений железа в штейне (%)

Вектор U (U_1 , U_2 , U_3):

- U_1 - расход дутья;
- U_2 - содержание кислорода в дутье (в случае подачи кислородно-воздушной смеси (КВС);

- U_3 – количество загружаемого флюса.

Вектор X (X_1 ; X_2 ; X_3 ; X_4 ; X_5 ; X_6)

- X_1 - содержание меди в конверторном шлаке (%)
- X_2 - содержание меди в черновой меди (т)
- X_3 - количество получаемого конверторного шлака (т)

- X_4 - количество выдаваемой черновой меди (т)
- X_5 - количество серы в отходящих газах (%)
- X_6 - температура отходящих газов (С);
- X_7 – количество отходящих газов

Таким образом процесс плавки в печи Ванюкова относится к многомерным, многосвязанным объектом управления со многими входными и выходными переменными.

Содержательная постановка задачи управления процессом конвертирования может быть сформулирована следующим образом: необходимо найти значения управляющих воздействий на процесс, обеспечивающих достижение максимума выбранного критерия оптимальности при выполнении ограничений на переменные процесса, вытекающих из технологических требований к режимам ведения процесса (количество загружаемого штейна, расход флюсов, расход воздуха и пр.) и продуктам плавки. Такая задача может быть решена только при создании системы автоматизации с применением средств вычислительной техники (АСУ ТП).

Главная особенность создания АСУ ТП КВ состоит в том, что она должна быть построена как элемент единой системы АСУ ТП предприятия и поэтому должна предусматривать интеграцию с уже существующими на сегодня системами.

2.2 Назначение и цель создания АСУ ТП КВ

АСУ ТП КВ представляет собой программно-технический комплекс (ПТК КВ) предназначенный для автоматизированного контроля и управления технологическим процессом конвертерной плавки в функции которого входят:

- сбор и обработка информации о переменных, характеризующих состояние объекта управления, и ее передача на компьютеры операторов технологических процессов - реализация функций локальных систем автоматического регулирования и стабилизации заданных технологических режимов

- дистанционное управление технологическими агрегатами
- графическое, цифровое, мнемоническое, отображение оперативных данных о функционировании управляемого объекта
- сигнализация предаварийных и аварийных ситуаций
- формирование и печать отчетных документов.

Объектом автоматизации является совокупность технологических установок, включающих непосредственно конвертер, узел загрузки флюсов и газовый тракт конвертера.

Основной целью создания автоматизированной системы контроля и управления процессом конвертирования является обеспечение его работоспособности и эффективного функционирования.

Поскольку данный металлургический передел является сложным

объектом, его эффективное управление требует применения современных технологий автоматизации (информатизации или информационных технологий)..

Кроме того в рамках работ по созданию АСУ ТП КВ ставится цель реализации компонентов системы, обеспечивающих ее интеграцию с существующей системой автоматизации предприятия и поэтапную модернизацию последней.

Условия эксплуатации создаваемой системы должны соответствовать требованиям приведенным ниже:

- климатические условия – нормальные, по ГОСТ 16325-88;
- периферийные средства системы должны работать в помещении оператора конвертерного отделения;
- рабочие станции (WS) должны работать при температуре окружающего воздуха от +5 до +40⁰С, относительной влажности воздуха (при 30⁰С) от 40 до 80%, атмосферном давлении от 84 до 106 кПа
- контроллеры должны работать при температуре воздуха 0 – 60⁰С и влажности до 95% (без конденсации)
- должен быть обеспечен режим энергоснабжения первой категории или предусмотрена установка блока резервного питания
- должна быть обеспечена периодичность профилактического обслуживания системы в соответствии с регламентом
- помещения операторских должно быть оборудовано автономным контуром заземления
- все элементы системы должны соответствовать общим техническим требованиям ГОСТ 21.104-85

АСУ ТП КВ как элемент, действующий на предприятии АСУ ТП должна удовлетворять следующим ключевым требованиям, а именно система должна обеспечить:

- сбор и обработку информации о технологических параметрах процесса КВ
- недопустимость длительного прерывания потока контролируемой оперативной информации для персонала всех уровней управления предприятия
- отображение эксплуатационно-технологических параметров на экранах рабочей станции оператора и мастера конвертерного отделения (КО);
- выдачу сообщений о нарушениях технологического регламента, включая аварийную и предаварийную световую и звуковую сигнализации
- передачу информации о технологических переменных и состоянии оборудования пердела КВ в на верхние уровни управления.

Требования к режиму функционирования системы состоят в следующем:

- часть АСУ ТП должна начинать свое функционирование автоматически после включения
- загрузка операционных систем и специального программного обеспечения в микропроцессорных контроллерах должна выполняться автоматически

- WS после отказа или сбоя отдельных компонентов должна продолжать выполнять свои функции (в неполном объеме) и автоматически восстанавливать свои функции в полном объеме при восстановлении работоспособности

В рамках подсистем централизованного контроля предусмотреть расчет средних значений параметров на интервалах времени: 5 минут с хранением их в течении текущих суток; 1 час, с хранением их 10 дней; смена, с хранением данных в течении календарного месяца; сутки, с хранением данных в течении трех месяцев (год). Хранение данных, начиная с суток может осуществляться на внешних магнитных носителях (диски).

Ввод значений переменных через модули УСО осуществлять в программном режиме, с периодичностью не более 20 секунд (для аварийной сигнализации – не более 1 секунды).

Функционирование АСУ ТП в режиме реального времени с единой системой отсчета времени обеспечит выполнение следующих задач:

- документирование времени приема-передачи информации
- протоколирование приходящих в АСУ ТП событий, по технологической схеме на каком объекте, в какой момент времени, что произошло
- анализ производственных ситуаций по временному принципу, учет времени прохождения и обработки информации по каналам связи
- управление очередностью приема-передачи и обработки информации
- задание последовательности управляющих воздействий, синхронизированных в пределах единой временной шкалы.

В соответствии с этим система реального времени должна отвечать следующим требованиям:

- обеспечивать необходимую точность отчета единого времени для устройств с минутным отсчетом (+6с), для устройства с секундным отсчетом (+0,1с)
- иметь возможность выдачи серии сигналов текущего времени (часовых, минутных, секундных и их долей), в том числе в двоичном восьмеричном и десятиричном коде
- обеспечивать требуемую суточную стабильность датчика времени.

I Математическое обеспечение должно полностью обеспечивать реализацию функций системы с учетом всех требований, предъявляемых к ней.

II Требования к информационному обеспечению следующие:

- организация информационных потоков с учетом возможностей конкретной контроллеров и РС;
- выполнение принципа одноразового ввода информации при многократном использовании;
- защита данных от физической порчи;
- проведение изменений в массивах хранимой информации с установленной периодичностью;
- быстрота доступа к различным элементам базы данных по запросу пользователя.

III Лингвистическое обеспечение для реализации функций системы

должно включать два варианта ввода команд:

- ввод команд с клавиатуры ЭВМ;
- выбор объектов и ввод команд, используя «мышь».

IV Программное обеспечение АСУ ТП КВ, как совокупность программ, реализующих функции системы, должно состоять из общесистемного и специального программного обеспечения и комплекта документации.

Общесистемное программное обеспечение должно обеспечить:

- реализацию входного языка;
- автоматическую начальную загрузку системы;
- обеспечивать работу системы в режиме реального времени;
- автоматическое распределение ресурсов машины;
- планирование и осуществление запуска программ, исходя из назначенных приоритетов, временных интервалов и возникших условий;
- управление процессами ввода и вывода информации;
- загрузка и выполнение пользовательских программ;

Специальное программное обеспечение должно состоять из программного обеспечения верхнего уровня, функционирующего на рабочих станциях и программного обеспечения нижнего уровня, функционирующего на контроллерах. Специальное программное обеспечение должно обеспечивать:

- решение всех задач системы с применением простейших приемов диалога пользователя непрофессионала с ЭВМ на языке, максимально приближенном к потребительскому;
- предельно-упрощенную форму общения пользователя с ЭВМ путем использования для вызова нужной программы функциональных клавиш, получение ответов на вопросы в диалоговом режиме;

Для программирования специального программного обеспечения верхнего уровня применить программный комплекс WinCC, предназначенный для использования в системе автоматизированного управления технологическими процессами.

Для программирования специального программного обеспечения нижнего уровня применить программный пакет STEP 7 V4,62, реализующий язык программирования контроллеров Simatic S7.

2.3 Функциональная структура АСУ ТП КВ

АСУ ТП КВ представляет собой двухуровневую распределенную систему контроля и управления, структура которой приведена в приложении. В разрабатываемой системе предусматривается следующий состав:

- рабочая станция оператора КВ;
- рабочая станция мастера конвертерного отделения;
- рабочая станция оператора инженера АСУ;
- подсистема сбора данных и регулирования (СДР)
- сетевое оборудование и кабельные коммуникации.

Рабочих станции (WS) на верхнем уровне системы объединены в сеть ETHERNET, которая используется как для целей информационного обмена между WS, так и для связи с системами вышестоящих иерархических уровней. Каждая из рабочих станций подключена с помощью коммуникационного процессора CP5611 к шине MPI фирмы SIEMENS, которая объединяет контроллеры Simatic S7-400, образующими нижний уровень системы. WS получают информацию об объектах и передают на них команды управления.

Контроллеры осуществляют сбор данных с датчиков и преобразователей о состоянии оборудования и технологических параметров объекта, а так же выдают управляющие воздействия на исполнительные механизмы.

Оператор с помощью WS следит за состоянием объекта и протеканием технологических процессов в нем и при необходимости вводит команды на управление оборудованием посредством клавиатуры WS или манипулятора «трекбол».

Все WS должны быть промышленного исполнения и соответствовать стандарту IP65.

Выполняемые системой контроля и управления процессом конвертирования функции реализуются программно-техническим комплексом, условно эти функции могут быть разделены по иерархическим уровням системы. На нижнем уровне функции системы реализуются на контроллерных комплексах SIMATIC S7-400 и включают:

I Сбор и обработку данных с целью получения информации о фактическом состоянии объекта управления.

Контроль входных и выходных измеряемых переменных осуществляется на основе опроса датчиков, перечень которых приведен в приложении. Данные о состоянии объекта управления передаются на верхний уровень. Для адекватной оценки состояния объекта управления данная функция должна выполняться за счет реализации в реальном масштабе времени совокупности программных модулей решающих проблемы оценки достоверности полученных данных, фильтрации полезного сигнала, масштабирования, пересчета в технологическую размерность. Периоды запуска программных модулей определяются динамическими свойствами технологических процессов.

Необходимо отметить, что кроме непрерывного автоматического измерения переменных, с рабочих станций технологический персонал должен осуществлять сбор данных по химическому анализу штейна и конвертерного шлака и данных косвенной оценки температуры плавки (на основании данных тепловизора или других средств измерения), ввод результатов анализов в систему.

II Реализация функций локальных систем автоматического регулирования и стабилизации заданных технологических режимов.

В системе автоматизации предусматриваются следующие контура регулирования:

- стабилизация расхода флюсов;
- стабилизация расхода сжатого воздуха;

- регулирование соотношения кислород / воздух при подаче КВС
- регулирование разрежения в пылевой камере
- регулирование температуры перед дымососами (за счет подсоса холодного воздуха).

III Контроль состояния оборудования.

Предусматривается контроль состояния оборудования тракта загрузки, флюсов и удаления отходящих газов.

IV Формирование и передача данных о состоянии объекта управления на верхний уровень системы.

Функции верхнего уровня системы контроля и управления процессом конвертирования реализуются на рабочих станциях (АРМы технологов-операторов). Необходимо отметить, что ряд функций, условно отнесенных к верхнему уровню системы, инициируется операторами на рабочих станциях и реализуются решением задач как на верхнем так и на нижнем уровнях системы.

V Дистанционное управление технологическими агрегатами.

VI Графическое, цифровое, мнемоническое отображение оперативных данных о функционировании управляемого объекта.

VII Сигнализация предаварийных и аварийных ситуаций.

Появление предаварийных и аварийных ситуаций сопровождается звуковыми сигналами и цветовым изменением окраски технологических процессов металлургического передела.

VIII Формирование и печать отчетных документов.

Вид и состав отчетных документов определяются принятыми нормативными и инструктивными документами.

2.4 Характеристика комплексов задач

В соответствии с индивидуальным заданием в настоящем дипломном проекте рассмотрены комплексы задач, реализуемые в первой очереди системы автоматизации процесса конвертирования:

- централизованный контроль переменных процессов (СЦК);
- расчет технико-экономических показателей;
- представление информации оперативному персоналу.

I Комплекс задач централизованного контроля АСУ ТП КВ предназначен для автоматического сбора, обработки, хранения и представления информации о состоянии технологического объекта управления (ТОУ), т.е. процессов и оборудования конверторного передела, а также информационно-измерительных каналов (упорядоченная последовательность устройств измерения физических величин, преобразования сигналов и ввода в ЭВМ). Информация, представляемая комплексом задач централизованного контроля (ЦК) хранится в базе данных и используется в алгоритмах непосредственного управления процессами от ЭВМ, для расчета технико-экономических показателей, а также оперативным персоналом АСУ ТП для принятия решений о воздействии на

производство. Дискретность опроса датчиков должна обеспечивать оперативность контроля и управления процессом конвертирования. Состояние технологического объекта управления характеризуется значениями переменных, которые по виду изменения во времени подразделяются на аналоговые (работа оборудования, наличие отклонения от регламентных значений и т.п.). Централизованный контроль переменных технологического процесса предполагает использование вычислительного устройства с аппаратурой коммутации и аналогового и цифрового преобразования (АЦП) и обеспечивающего повышение точности и достоверности контроля за счет специальных методов обработки данных. При этом к вычислительному устройству (ВУ) может подключаться несколько или много датчиков, что приводит к централизации системы контроля. С применением программируемых логических контроллеров и тенденцией перехода на распределенные АСУ ТП, количество подключаемых к одному контроллеру сигналов резко уменьшается, но термин «централизованный контроль» сохранился предполагая при этом использование различных методов обработки информации для повышения достоверности данных первичного измерения. В АСУ ТП КВ задачи контроля переменных решаются на распределенной сети контроллеров (нижний уровень), однако, в функциональной структуре АСУ ТП комплекс задач ЦК включен в подсистему верхнего уровня организационно-технологического управления, что объясняется стремлением обеспечить унификацию задач и алгоритмов ЦК и создание при этом единой распределенной базы данных, а также общесистемным характером задач ЦК и связанных с ним комплексом задач расчета ТЭП и представления информации оперативному персоналу, которые относятся к первоочередным и должны быть внедрены на этапе пуска и освоения системы автоматизации.

Комплекс задач ЦК должен обеспечить получение, хранение и передачу по запросу потребителя (задачи прямого управления от контроллеров, расчета ТЭП и представления информации персоналу и др.) представительных и достоверных данных о значениях переменных, характеризующих состояние технологического объекта управления как текущее, так и за прошедшие моменты времени (хранение данных за заданный период. Реализация задач ЦК позволяет повысить оперативность и качество контроля состояния технологических процессов и оборудования, своевременно выявлять нарушения режимов и уменьшить вероятность возникновения аварийных ситуаций. Все это повышает технологическую дисциплину, снижает потери продукции и затраты на устранение аварийных ситуаций

Основным видом информации о состоянии объекта управления в АСУ ТП КВ, являются текущие значения технологических переменных (расходы, температуры, давления и т.п.), которые измеряются автоматическими измерительными устройствами и после преобразования в виде унифицированных сигналов вводятся в ЭВМ. Учитывая возможность искажения информации в процессе ее преобразования от действия случайных помех в задачах контроля переменных предусматривается специальная обработка

данных.

Внедрение комплекса задач ЦК способствует стабилизации технологических процессов, позволяет уменьшить простой оборудования из-за несвоевременного обнаружения нарушений и неисправностей, своевременно выдает оперативную информацию о состоянии переменных комплекса, необходимую для полного и своевременного анализа хода производства и принятия соответствующих решений. Являясь одной из составных частей организационно-технологической подсистемы АСУТП КВ, СЦК служит основой для реализации задач управления АСУТП КВ. Исходя из вышеизложенного одними из требований предъявляемой к СЦК являются надежность работы технических средств и достоверность выдаваемой информации.

IV Основу системы централизованного контроля составляют следующие функции:

- 1) автоматический ввод от датчиков аналоговых и дискретных сигналов;
- 2) первичную обработку введенной информации, включая:
линеаризация показаний датчика,
коррекция его динамических свойств,
экстра и интерполяция значений величины во времени,
фильтрация значений величины и т.д.;
- 3) контроль достоверности полученной информации;
- 4) технологический контроль значений переменных;
- 5) обнаружение событий (определение нарушений и неисправностей на производстве и причин их возникновения);
- 6) контроль работы оборудования и системы регулирования.

В зависимости от конкретных условий реализации комплекса задач ЦК перечень выполняемых им операций может меняться.

II Комплекс задач расчета технико-экономических показателей (РТЭП) предназначен для автоматизации расчетов производных технико-экономических показателей (сводных, удельных и др.) обобщенно характеризующих работу технологического передела:

- в текущий момент времени или с начала некоторого интервала (часа, смены, суток и т. д.) – так называемые *текущие* ТЭП;
- за некоторый интервал времени (час, смена, сутки и т. д.) – *отчетные* ТЭП (годовой отчет);
- в некоторых относительных величинах удобных для сравнительного анализа - *удельные* ТЭП (удельный проплав, коэффициенты извлечения, удельные расходы материалов и т.д.);
- в экономических величинах для стоимостных оценок затрат ресурсов и материалов, себестоимости и т.п. – *экономические* ТЭП.

Возможно выполнение расчетов и других сложных производных показателей на основе математических моделей или статистических зависимостей. К сложным показателям и соответственно видам расчетов относятся, например, расчеты материального баланса производства.

Производные ТЭП рассчитываются на основе данных, получаемых комплексом задач централизованного контроля переменных и расположенных в единой распределенной информационной базе. В свою очередь результаты расчета ТЭП также заносятся в базу данных АСУ ТП и выводятся потребителю комплексом задач «представления информации» подсистемы организационно-технологического управления. При этом расчетные ТЭП, как правило, представляются в виде экранной формы на мониторе или распечатанного документа (сменный рапорт, суточная сводка, месячный отчет и т.п.).

Производные ТЭП позволяют оценить текущее и ретроспективное состояние производства более объективно, на основе агрегированных и следовательно более устойчивых (менее подверженных случайным изменениям) показателей. При этом, возможно выявить тенденции развития производственной ситуации и принять своевременные меры по устранению негативных проявлений. Таким образом, расчетные ТЭП являются важнейшей формой представления информации технологическому персоналу и руководству подразделений (цехов), отделения конвертирования, необходимой им для контроля и управления производством.

Отчетные ТЭПы рассчитанные за месяц по производственным сменам (бригадам) могут использоваться при оценке работы этих коллективов.

Наиболее распространенными операциями при решении комплекса задач расчета технико-экономических показателей являются: суммирование (дискретное интегрирование); вычисление средних и относительных величин и т.п.

Расчеты, выполняемые комплексом задач РТЭП, производятся на следующих временных интервалах: час, смена, сутки, месяц, квартал и год (суммарные показатели).

III Комплекс задач представления текущих, обработанных данных и ТЭП (ОИ) предназначен для отображения оперативной информации на экран дисплейных модулей (в виде мнемосхем, видеограмм, визуально отражающих ход технологических процессов передела, и оперативных сообщений о состоянии переменных технологического процесса) и вывода информации, обслуживающему и управляющему персоналу на печатающее устройство, о результатах функционирования технологических процессов комплекса (в виде форм выходных документов, сменных рапортов и отчетов).

Результаты функционирования системы выдаются технологическому и оперативному персоналу для анализа и объективной оценки состояния объекта.

При этом при вызове мнемосхемы на экран динамическая информация на ней (текущие значения переменных и состояния оборудования) обновляется автоматически по мере обновления данных централизованного контроля.

По инициативе ЭВМ оператору выводится информация о нарушении нормального хода ТП, сигналы о сбоях в работе самой АСУ ТП КВ.

Сообщения о нарушениях выводятся на экран дисплея, где они представляются в алфавитно-цифровом виде, с сопровождением звуковой и световой сигнализацией, привлекающей внимание оператора.

Причем информация в виде сигнализации и световой индикации выдается оператору-технологу непосредственно в момент возникновения нарушения или аварийной ситуации.

Для уточнения сложившейся ситуации, по инициативе оперативного персонала, на экран видеотерминалов может быть выведена информация в виде таблиц-форм оперативных документов, характеризующих состояние основных переменных.

Для анализа результатов работы объекта на заданных временных интервалах (смена, сутки) в конце каждой смены и суток выводятся формы отчетных документов.

В комплексе задач представления информации, отражающих ход процесса конвертирования, реализуются, также, функции диалога и протоколирования данных, которые должны охватывать обработку запросов и выводимых данных, представление информации и печать технологических документов. Диалог должен быть организован так, чтобы его можно было вести с таких обслуживающих мест, как: с постов управления операторов-технологов и отдельных агрегатов, с поста мастера смены, начальника цеха и диспетчера.

Основные режимы работы пользователей на этом уровне – диалоги и запрос-ответ.

Таким образом, вывод оперативных сообщений и форм выходных (отчетных) документов осуществляется по инициативе процессора, в автоматическом режиме, а статической информации видеограмм по требованиям оператора, в диалоговом режиме.

Комплекс задач представления текущих информации и ТЭП состоит из трех видов алгоритмов (задач): «Управление выводом форм в автоматическом режиме» (1), «Управление выводом форм (фрагментов мнемосхем и табличных форм текущей информации) по заявке оператора» (2) и «Формирование и вывод форм выходных документов (на печать и дисплей)» (3).

Алгоритм (задача 1) предназначен для анализа и управления выводом выходных форм (сообщений) по наступлению какого-либо события в автоматическом режиме, без участия оператора-технолога.

Алгоритм (задача 2) производит вывод на экран дисплея и печать выходных форм (фрагментов мнемосхем и табличных форм текущей информации) по заявке оператора-технолога. Заявка на вывод форм вводится с пульта оператором в следующем виде: ключ заявки, имя задачи, шифр формы.

Алгоритм (задача 3) формирование структуры форм выходных документов и вывод их на экран дисплея или печать.

Комплексы задач СЦК, РТЭП и ОИ должны охватывать все процессы конвертерного передела, включая обеспечивающие и вспомогательные производства, агрегаты и механизмы. По каждому пределу, технологической установке и агрегату объектами контроля, расчета и отображения данных являются значения технологических переменных, состояние оборудования (работает, не работает), превышение пороговых значений переменных, достижение крайних значений или положений материалами или механизмами.

Соответственно объектами для комплекса задач РТЭП и ОИ являются технологический передел конвертирования:

Комплексы задач СЦК, РТЭП и предоставления информации решаются периодически, по вызову и по отклонению, и используются для формирования и предоставления обслуживающему и технологическому персоналу более полной и объективной информации о состоянии технологических процессов.

Поскольку информация, используемая для управления технологическими процессами комплекса без АСУ ТП, является не полной и недостаточно точной в силу несвоевременности ее представления и ряда других причин, то в этом случае, решения, принимаемые операторами и мастерами на местах, основываются большей частью на интуиции и опыте оператора.

Внедрение комплексов задач СЦК, РТЭП и представления информации позволит более качественно решать задачи управления, а также автоматизирует процессы учета и составления отчетной документации.

Применение вычислительной техники позволит расширить границы диспетчерского контроля и производить следующее:

Текущий контроль переменных с определением достоверности полученной информации и фильтрацией помех.

Почасовой контроль – определение усредненных за час основных технологических величин, рассчитанных обобщенных показателей работы агрегатов.

Сменный контроль – определение обобщенных показателей и других отчетных данных о работе цеха, а также отдельных переделов и анализ этой информации оперативным персоналом.

Суточный контроль-формирование основной отчетной информации о работе цеха для представления руководству комплекса.

Комплексы задач СЦК, РТЭП и ОИ относятся к нижнему уровню АСУ ТП КВ и связаны между собой. Вся информация поступает в систему от комплекса задач ЦК и далее передается в обработанном виде персоналу АСУ ТП и задачам управления

Связь с другими комплексами задач осуществляется, в пределах одной ЭВМ через общую информационную базу, а на разных ЭВМ с помощью сетевых средств обмена данными в локальной вычислительной сети (ЛВС) АСУ ТП КВ.

I Функционирование комплексов задач не может оказать негативного воздействия на производство в связи с отсутствием непосредственного влияния результатов решения комплекса задач на ТОО (только через управление от ЭВМ или персонала). В связи с этим нет необходимости специально регламентировать распределение действий между персоналом и техническими средствами при различных (особенно нежелательных) ситуациях.

II Персонал отвечает за подготовку и ввод нормативно-справочной информации, управление техническими средствами (с клавиатуры) в процессе решения задач, визуальный контроль за функционированием технических средств и ходом решения задачи, принятие решений в каждом конкретном случае в соответствии с правилами эксплуатации.

Технические средства и соответствующее программное обеспечение осуществляют хранение, сбор, обработку и вывод информации, а также контроль процесса решения.

Выходной информацией комплекса задач СЦК, РТЭП и ОИ являются массивы данных, содержащие значение технологических переменных и состояния оборудования и рассчитанные значения переменных, производных ТЭП и данные, содержащиеся в выходных формах и документах комплекса задач ОИ.

Входной информацией комплекса задач СЦК, РТЭП и ОИ являются измеряемые значение переменных и соответствующие массивы данных, сформированные комплексом задач ЦК.

Из анализа методов разработки СЦК следует, что проектирование системы ЦК складывается из следующих этапов:

- определение объема контролируемой и рассчитываемой информации и ее характеристика;
- разработка алгоритмов контроля;
- выбор структуры и технических характеристик устройств СЦК.

На данном этапе задачу построения СЦК можно поставить следующим образом. Заданы все выходные величины, которые должны определять функционирование СЦК (измеряемые и косвенно определяемые величины, ТЭП, перечень возможных нарушений и причина их возникновения), и их необходимые характеристики (точность определения, частота и форма выдачи).

При этом известны:

а) совокупность измерительных средств (датчиков), которая может быть использована в качестве источников исходной информации для расчета заданных выходных величин, а также параметры датчиков (точность работы, линейность шкалы, диапазон измерения, тип выходного сигнала, динамические параметры датчика).

б) оценки статистических характеристик математических ожиданий, дисперсий, корреляционных функций, измеряемых датчиками величин.

Требуется разработать алгоритмы, перерабатывающие сигналы датчиков в исходную совокупность выходных величин, отвечающих заданным требованиям на необходимые характеристики выходных величин и оптимизирующих некоторый эффективный для данной системы критерий (например, объем оперативной памяти, занимаемой алгоритмами контроля и массивами исходной информации).

Такая формулировка задачи нуждается в точном знании всех требуемых выходных величин, обрабатываемых системой. Однако это естественное требование, возникающее при разработке СЦК на практике вряд ли осуществимо, поскольку требования к выходным величинам СК зависят от требований других подсистем АСУ ТП КВ, обычно еще не уточненных к моменту построения СЦК.

Вследствие этого разработка алгоритмов СЦК проходит как минимум через две стадии:

- на первой стадии путем исследований неавтоматизированного производства формируются выходные величины и их характеристики;
- на второй - производится корректировки выходных показателей СЦК после ввода в действие СЦК и разработки других подсистем АСУТП, что приводит к пересмотру и уточнению разработанных алгоритмов.

Решение такой задачи отличается тем, что:

- вся переработка измерительных сигналов подразделяется на ряд типовых операций (например, суммирование и определение средних значений за конечный интервал времени, экстра- и интерполяции величин и т.д.);
- полный набор типовых операций для каждой конкретной системы невелик.

Таким образом, процесс алгоритмизации в любой конкретной СЦК можно свести к выбору необходимых операций, указаний последовательности их выполнения и определению для каждой из них варианта алгоритма, реализующего операцию.

Информация, используемая для управления технологическими процессами комплекса, является неполной и недостаточно точной в силу несвоевременности ее представления и ряда других причин (например, без учета динамики измеренных величин, приборов, погрешности измерения и т.д.).

Таким образом, решения, принимаемые операторами и мастерами на местах, основываются большей частью на интуиции и опыте оператора.

Внедрение СЦК позволит более качественно решать задачи управления, а также автоматизирует процессы учета и составления отчетной документации.

Применение вычислительной техники позволит расширить границы диспетчерского контроля и производить следующее:

- текущий, предупредительный и аварийный контроль (дискретность его определяется по наивысшей частоте величин из числа контролируемых) - нахождение основных технологических величин процесса в заданных пределах и контроль состояния основных агрегатов:

- почасовой контроль - определение усредненных за час основных технологических величин, рассчитанных обобщенных показателей работы агрегатов и переделов цеха;

- сменный контроль - определение обобщенных показателей и других отчетных данных о работе цеха, а также отдельных переделов и анализ этой информации сменными диспетчерами;

- суточный контроль - формирование основной отчетной информации о работе цеха для представления руководству комплекса.

Формирование и реализация этих функций определяют объем исходной информации. Выделенные исходные величины разделяются по группам:

- группа А - величины, характеризующие работу передела в целом;
- группа Б - величины, характеризующие работу каждого агрегата и используются для оперативного учета;
- группа В - величины, характеризующие протекание технологического процесса в каждом агрегате;

- группа Г - контролируемые величины, характеризующие состояние агрегатов, приборов и т.д.

Надо отметить, что величины этих групп находятся во взаимосвязи.

Так, например, величины группы Б также могут характеризовать протекание технологического процесса (т.е. относиться к величинам группы В) и в то же время, усредненные по некоторому интервалу или просуммированные, они представляют собой величины группы А.

При иерархии управления "технологическая линия – оператор передела-диспетчер завода" диспетчеру не обязательно знать величины группы В и часть величин группы Г, характеризующих состояние работы отдельных устройств и приборов. Их использует оператор.

Диспетчер оперирует величинами групп А и Б, характеризующим состояние работы на участках и в цехе в целом. Часть величин группы Г используется на мнемосхеме, характеризуя рабочее положение конкретного агрегата высвечиванием или каким-либо другим способом.

Начальнику цеха представляется информация в виде отчета за сутки к началу рабочего дня.

Для реализации алгоритмов первичной обработки и их оценок используются статистические характеристики измеряемых величин, которые определяются известными методами статистического исследования случайных процессов.

2.5 Математическое описание (описание алгоритма)

I Функции системы централизованного контроля, выполняемые в АСУ ТП цифровыми вычислительными устройствами, носят, как отмечалось выше, достаточно общий характер, и практически не зависят от особенностей автоматизируемого объекта.

В то же время конкретный состав функций ЦК и методы реализации, а также требования к информационному обеспечению определяются задачами управления данным процессом или переделом.

В наиболее полном виде в системе централизованного контроля решаются следующие задачи: ввод сигналов датчиков измерения посредством периодического опроса;

- линеаризация и масштабирование измеренных значений параметров технологического процесса;
- контроль измеренных значений параметров на достоверность по верхним и нижним границам контроля, а также допустимой скорости изменения;
- фильтрация (сглаживание) измеренных значений;
- технологический контроль измеренных значений параметров на соответствие верхним и нижним границам контроля;
- интегрирование;
- усреднение;

- обнаружение событий (определение нарушений);
- вывод результатов контроля.

Опрос датчиков измерения контролируемых переменных

I Первичная информация о действующих на объект возмущениях, изменениях технологических переменных или заданий системе управления обычно поступает в контроллер в результате специального организованного опроса сигналов датчиков и представляет собой текущее опрошенное значение переменных (сила тока, напряжение), которые, затем, в аналогово-цифровом преобразователе (АЦП) преобразуется в число (код).

II Одним из требований к системе централизованного контроля АСУ ТП КВ является обеспечение необходимой частоты получения информации о состоянии и технологических процессах, поскольку необходимо выбрать такую частоту опроса сигналов, которая позволяет восстановить сигнал по его дискретным значениям с заданной погрешностью (т.е. предварительно оценить достоверность измеряемой информации).

При этом погрешность дискретного контроля (дискретности опроса датчиков) складывается из погрешности измерительного прибора, максимальная величина которой определяется точностью выбранных средств и принятого метода измерения и не зависит от периода дискретного контроля, если последний превышает длительность переходных процессов в датчике и линии связи, и погрешности дискретности, являющейся неубывающей функцией периода контроля (T). С увеличением периода (T) удешевляется СЦК и облегчается ее организация, однако, при этом, увеличивается погрешность.

Если можно задать максимальное допустимое значение среднеквадратичной погрешности экстраполяции (т.е. в данном случае, дискретности опроса), и известна автокорреляционная функция $R_g(t_0)$, то период квантования (т.е. максимально допустимая величина опроса), T может быть найдена решением уравнения:

$$D_E = 2 \left[R(0) - 1/T \int_0^T R_g(t_0) dt_0 \right] \quad (2.1)$$

где D_E - дисперсия погрешности экстраполяции;

t_0 измеряется в пределах от 0 до T .

Для каждого контролируемого параметра величину максимально допустимой погрешности задают на основе технико-экономического анализа ущерба, нанесенного неточностью контроля и затрат, необходимых для повышения точности.

Как правило, в момент проектирования СЦК, получение исходных данных для такого анализа представляет собой достаточно сложную задачу.

Поэтому для приближенного определения периода T в качестве величины допустимой погрешности принимают некоторую часть допустимого диапазона колебаний (K) контролируемого параметра, оговоренного в действующих на заводе нормах технологических режимов функционирования отдельных

процессов комплекса. Значение коэффициента К для каждого контролируемого параметра назначается с учетом динамических свойств управляемого процесса.

Выбор частоты опроса Т по формуле (2.1) требует знания корреляционной функции $R_g(t_0)$ случайного процесса $g(t)$, для оценки которой необходим значительный объем вычислений.

Ввиду этого частота измерений величин (т.е. период опроса контролируемых переменных) может быть оценена из следующего неравенства:

$$t_0 \leq 4\Delta D_E / D, \quad (2.2)$$

где D_E/D - отношение добавочной дисперсии, связанной с заменой непрерывного случайного процесса ступенчатым с шагом t_0 , к дисперсии случайного процесса D (данное отношение, к тому же, задается значительно проще и естественнее, в отличие от дисперсии ошибки D_E);

Δ - время спада корреляционной функции случайного процесса, которую можно оценить через среднее число нулей случайного процесса N_0 , т.е. через среднее число пересечений им линии своего математического ожидания в единицу времени.

С помощью рассмотренных методов может быть произведена оценка величин необходимых периодов дискретного контроля, за основными величинами технологического процесса.

III Для определения работоспособности, исключения случайных помех и сбоев измерительных каналов и линий связи контролируемых датчиков с ЭВМ необходимо предусмотреть n-кратный опрос аналоговых датчиков (где n, практически, может не превышать - 5).

Анализ достоверности показаний датчиков (т.е. соответствие отклонения значения параметра - значений сигналов датчиков и допустимой погрешности измерения - дельта трубка) ведется на скользящем интервале, содержащем "n" точек и может проводиться, по крайней мере, двумя способами.

При использовании первого варианта алгоритма анализа недостоверности достоверные значения оцениваются по величине допустимого отклонения кодового значения сигнала от математического ожидания процесса $X_i(t)$, оценка которого за "n" дискретных замеров определяется по рекуррентному соотношению:

$$m_{X_i}(n) = m_{X_i}(n-1) + \frac{x_i(t_n) - m_{X_i}(n-1)}{n} \quad (2.3)$$

где $m(n)$ - оценка математического ожидания $X_i(t)$.

По второму варианту вычисляется величина отклонения (N) двух соседних замеров:

$$\Delta(N) = x(t) - x(t-1) \quad (2.4)$$

затем анализируется абсолютная величина этого отклонения:

$$\Delta(N) \leq \varepsilon \quad (2.5)$$

где ε - величина допустимого отклонения кодового значения сигнала.

При этом, достоверное значение сигнала определяется как среднее двух соседних замеров (опросов датчика), абсолютная величина разности которых не превышает величину допустимого отклонения. Если такая пара двух соседних замеров (т.е. двух опрошенных кодовых значений датчика) будет отличаться на большее значение от допустимого, то показание датчика считается не достоверным и не заносится в базу данных, а в качестве текущего значения принимается предыдущее сглаженное значение.

I Значения сигналов, полученные посредством опроса датчиков централизованного контроля, отражают не действительную величину контролируемых параметров, а уровень выходных сигналов в системе контроля датчиков. Поэтому любой алгоритм ЦК должен преобразовывать цифровой код в натуральный масштаб измеряемой величины, посредством аналитической градуировки, т.е. операции, с помощью которой деления шкалы измерительного прибора придают определенные численные значения, выраженные в единицах измерения определяемой величины.

Операцию аналитической градуировки выполняют с использованием градуировочной характеристики измерительного прибора, представляющей собой

функцию, обратную его номинальной статической характеристике:

$$x_i(t_i) = f^{-1}(y), \quad (2.6)$$

где $X_i(t_i)$ - значение измеряемой величины, соответствующее по градуировочной характеристике измерительного прибора значению Y сигнала измерительной информации.

Градуировочная характеристика или номинальная статическая характеристика приводится в паспорте измерительного прибора в виде аналитической функции или таблицы соответствия значений $X_i(t_i)$ и Y_i .

II Для многих датчиков характерна линейная зависимость между измеряемой величиной и выходным сигналом датчика. При линейной зависимости между измеряемой величиной и выходным сигналом датчика - напряжением, аналитическая градуировка выражается в обычное масштабирование.

$$\bar{y}_i(t) = a_i + b_i \bar{x}_i(t_i); \quad (2.7)$$

$$b_i = \frac{x_{i\max} - x_{i\min}}{2^n - 1} \quad (2.8)$$

$$a = x_{i\min} \quad (2.9)$$

где $x_{\max}$ - конец шкалы - максимальное значение сигнала в физических единицах измерения;

$x_{\min}$ - начало шкалы - минимальное значение физической величины при нулевом значении сигнала датчика;

N - разрядность кода аналогово-цифровых преобразователей (АЦП);

$X_i(t_i)$ - код, считываемый с АЦП, который затем преобразуется в число (токовое значение) по следующей формуле:

$$x_i(t_i) = E \frac{V_i(t_i)}{\Delta V_0}, \quad (2.10)$$

где $V_i(t_i)$ - значение сигнала датчика контролируемого параметра (токовое значение);

ΔV_0 - шаг квантования, равный единице младшего разряда в коде АЦП

Таким образом, аппаратурная погрешность процедуры масштабирования имеет порядок единицы младшего разряда в коде АЦП:

При необходимости вместо линейной зависимости приходится использовать более сложные нелинейные зависимости. Для большинства встречающихся в практике разрабатываемых АСУТП задач контроля вполне приемлема квадратичная зависимость.

При квадратичной шкале действительные значения сигналов вычисляются по следующему соотношению:

$$\bar{y}_i(t_j) = \sqrt{\bar{x}_i(t_i) \frac{x_{\max}^2 - x_{\min}^2}{2^n - 1} + x_{\min}^2} \quad (2.11)$$

Наиболее рациональный способ аналитической градуировки (для произвольной функциональной зависимости) - аппроксимация функции $Y_i(t)$ полиномом степени N вида:

$$y(t) = \sum_{i=0}^K a_i T_i \quad (2.12)$$

Исходная информация о текущем состоянии процесса поступает в ЭВМ по информационно-измерительным каналам (ИИК). При этом существует риск попадания в систему недостоверной информации, поэтому одной из важнейших задач СЦК является контроль ее достоверности (допусковый контроль).

При этом недостоверное значение параметра должно быть заменено

достоверной оценкой, в качестве которой может быть использовано предыдущее достоверное значение, усредненное за некоторый интервал времени, предшествующий моменту обнаружения отказа ИИК.

При допусковом контроле аналоговых сигналов наибольшее распространение получили два способа определения достоверности принятой от датчика информации:

- допусковой контроль параметра - сравнение текущего значения с предельными, физически возможными значениями этого параметра (нижней и верхней границами);
- допусковой контроль скорости изменения сигнала (по производной измеряемой величины).

Несмотря на то, что контроль по скорости изменения является более универсальным, он характерен для тех контролируемых процессов, которые по своей природе достаточно медленны. Для процесса конвертирования, носящего динамичный характер, необходимо применять два способа. Достоверность принятой информации в этом случае, определяется по совокупности и идентичности результатов двух способов проверки. При недостоверном значении параметра его значение игнорируется.

Дальнейшая обработка этого параметра осуществляется с использованием последнего, достоверного значения .

Алгоритм допускового контроля параметра основан на том, что при работе комплекса значения каждого из контролируемых технологических параметров X_i не могут выходить за определенные (допустимые) границы:

$$x_{i\min} \leq x_i \leq x_{i\max} \quad (2.13)$$

Соответственно при исправном ИИК, должен быть ограничен и сигнал измерительной информации Y_i , поступающий в ЭВМ по этому каналу, (т.е. должны быть определены допустимые границы изменения технологических параметров):

$$y_{i\min} \leq y_i \leq y_{i\max} \quad (2.14)$$

Контроль достоверности по этому алгоритму заключается в проверке выполнения условия (2.14) для каждого значения сигнала измерительной информации, поступившего при очередном опросе ИИК.

IV Алгоритм допускового контроля скорости изменения сигнала измерительной информации основан на том, что скорость изменения технологического параметра X_i ограничена условием:

$$\left| dx_i / dt \right| \leq w |x_{i\max} - x_i|, \quad (2.15)$$

где w - частота среза функции $x_i(t)$;

x_i - среднее значение этой функции.

Соответственно должна быть ограничена и скорость изменения сигнала измерительной информации $y_i(t)$:

$$\left| dy_i / dt \right| \leq V_{i\max}, \quad (2.16)$$

где V_i - максимально возможное значение dy_i/dt

Контроль достоверности по данному алгоритму заключается в проверке выполнения (4.21), причем оценку производной dy/dt рассчитывают по формуле:

$$dy_i / dt = [y_i(j-T) - y_i((j-1)T)] / T \quad (2.17)$$

Контроль достоверности исходной информации по условиям (2.14) и (2.16) можно совместить в одной задаче. При этом, после проверки по условию (2.16), в случае достоверности информации (по данному условию), выполняется контроль достоверности по условию (2.16), а в случае обнаружения недостоверности информации по условию (2.16) - контроль достоверности прекращается (т.е. контроль достоверности по условию (2.17) не проводится) и формируется сообщение о недостоверности значений соответствующих переменных.

Фильтрация значений параметров

I Характерными свойствами информации, поступающей от объекта в систему управления, являются, дискретность по времени и наличие погрешностей измерений. Аналоговая информация, как правило, поступает в УВК периодически, с интервалом дискретизации, сопровождающейся потерей информации о контролируемом процессе и появлением ошибок в вычисляемых показателях. Другой причиной возникновения погрешности вычислений является наличие шума в канале измерения и передачи информации.

С целью повышения точности вычислений ставится задача оценки истинного значения измеряемой величины по данным, полученным системой управления к текущему моменту времени. Методы оценки рассматриваются в задачах фильтрации.

II Фильтрация представляет собой операцию выделения полезного сигнала измерительной информации $y(t)$ из его суммы с помехой $e(t)$. Методы фильтрации основаны на различии частотных спектров функций $y(t)$ и $e(t)$: как правило помеха является более высокочастотной.

Наиболее распространенными методами фильтрации являются: метод скользящего среднего и метод экспоненциального сглаживания.

III Экспоненциальный фильтр, в аналоговом варианте, представляет собой апериодическое звено и описывается дифференциальным уравнением

$$\frac{1}{a} \frac{dy_n}{dt} + y_n(t) = K_\phi x(t)$$

где a и K_ϕ - параметры настройки фильтра.

При программной реализации экспоненциального фильтра дифференциальное уравнение заменяют разностным уравнением вида

$$\frac{1}{a}[y(n) - y(n-1)] + y(n-1) = x(n) \quad (2.18)$$

где n - номер цикла расчета.

Отсюда получим следующее рекуррентное соотношение для вычисления сглаженного $y(n)$ в очередном n цикле расчета:

$$y(n) = a \cdot x(n) + (1-a) \cdot y(n-1), \quad (2.19)$$

или

$$y(n) = b \cdot x(n) + c \cdot y(n-1) + (1-b-c) \cdot y(n-2) \quad (2.20)$$

К достоинствам алгоритма экспоненциального сглаживания относятся малая трудоемкость расчетов и малый объем памяти ЭВМ, в которой должна храниться величины a , b , c и обновляемая в каждом цикле расчета величина $y(n-1)$.

IV Фильтр скользящего среднего представляет собой параллельное соединение двух интегрирующих звеньев, одно из которых последовательно соединено со звеном запаздывания.

При программной реализации фильтра скользящего среднего расчет сглаженного значения $y(n)$ в очередном n цикле проводится по формуле

$$y(n) = \frac{1}{M+1} \sum_{S=0}^N x[(n-S) \cdot T], \quad (2.21)$$

где $M = T_{\phi}/T$ - параметр настройки фильтра.

Для расчета по формуле (2.21) требуется хранить в памяти ЭВМ $(M+1)$ значений функции $X(nT)$.

Поэтому из перечисленных методов фильтрации для АСУТП КВ предлагается метод экспоненциального сглаживания, так как недостатком метода скользящего среднего являются затраты памяти на хранение информации предыдущих циклов опроса. Операция же экспоненциального сглаживания не нуждается в хранении дополнительной информации, кроме коэффициента сглаживания.

Проверка измеряемых переменных на граничные технологические значения - один из основных элементов контроля над ходом технологического процесса. Контроль производится путем сравнения текущего значения переменной с заданными значениями верхней и нижней границ, соответствующих изменению значений переменных в пределах регламентных значений.

Алгоритм технологического контроля параметра основан на том, что при

работе комплекса значения каждого из контролируемых технологических параметров Y_i не могут выходить за определенные (соответствующие регламентным значениям) границы:

$$y_{i\min} \leq y_i \leq y_{i\max} \quad (2.22)$$

где y_i - измеренное значение параметра на текущем интервале времени (линеаризованное, достоверное, сглаженное);

$y_{i\min}$ - значение нижней границы контроля;

$y_{i\max}$ - значение верхней границы контроля.

Технологический контроль по этому алгоритму заключается в проверке выполнения условия (4.28) для каждого значения сигнала измерительной информации, поступившего при очередном опросе ИИК.

Параметр находится в состоянии нарушения нижней границы контроля, если измеренное значение меньше или равно заданной нижней границы.

Параметр находится в состоянии нарушения верхней границы контроля, если измеренное значение больше или равно заданной верхней границы.

III Кроме проверки на технологические границы, возможен анализ по определению предаварийного состояния технологического процесса. Анализ производится путем сравнения текущего значения переменной с заданными значениями верхней и нижней аварийных границ, определяющих интервал возможного изменения значений переменных, пределы которого определяют нормальное состояние переменных технологического процесса.

К одной из основных задач системы АСУ ТП относится расчет технико-экономических показателей типа удельных расходов, показателей материального и энергетического баланса и т.п..

Специфика вычисления, как суммарных количеств, так и средних значений определяется дискретным измерением величин (в соответствии с заданными интервалами опроса).

Рекуррентная процедура усреднения измеренных значений (на заданных интервалах усреднения) производится на скользящем интервале в соответствии со следующей формулой:

$$y_n = y_{n-1} + \frac{1}{n}(x_n - y_{n-1}) \quad (2.23)$$

где x_n - измеренное линеаризованное значение параметра;

y_{n-1} - усредненное значение, вычисленное на предыдущем шаге.

III Одной из основных задач СЦК является дискретное интегрирование суммарных количеств веществ, вносимых или получаемых (измеренных) за определенные интервалы времени непрерывно изменяющейся во времени измеряемой величины (например: расход шихты, флюсов, концентратов, топлива и т.п. за час, смену, сутки).

Дискретное интегрирование значений технологических параметров

осуществляется по формуле Симпсона:

$$f_m(n) = \frac{T}{3} [q(n) + 4q(n-1) + q(n-2)] + f_m(n-2) \quad (2.24)$$

где $f_m(n)$ - интегрированное значение на текущем шаге;

T - период интегрирования;

$q(n)$ - текущее значение параметра;

$q(n-1)$ - значение параметра на шаге $[n-1]$;

$q(n-2)$ - значение параметра на шаге $[n-2]$;

$f_m(n-2)$ - интегрированное значение на шаге $[n-2]$.

2.6 Техническое обеспечение

Комплекс технических средств должен базироваться на технических средствах, способных обеспечить сбор, накопление, обработку, вывод и отображение информации в реальном масштабе времени.

Комплекс технических средств нижнего уровня должен включать:

- средства сбора данных с объекта;
- средства вывода на объект управляющих воздействий;
- средства обмена информацией с верхним уровнем системы;
- средства сохранения данных и программ при временных отключениях

питания.

Комплекс технических средств верхнего уровня должен включать:

- средства отображения оперативных данных;
- средства накопления и хранения данных;
- средства обмена информацией с контролерами на нижнем уровне системы;
- средства задания и корректировки технологических режимов.

С учетом функционального значения системы и используемого программного обеспечения можно предварительно определить следующий состав технических средств, обеспечивающих работоспособность системы:

- WS объем ОЗУ 64 Мб, с внешними устройствами промышленного исполнения со степенью защиты IP65 в том числе;
- дисплей типа SVGA с разрешением 800х600 пикселей;
- клавиатура со 101 клавишей и манипулятором «трекбол»;
- жесткий магнитный диск типа «Винчестер» емкостью не менее 200Мб;
- устройство внешней памяти на гибких дисках;
- программируемые логические контроллеры Simatic S7 400 (CPU413-2DP) с необходимым УСО;
- сетевое оборудование ETHERNET;
- коммуникационная система в стандарте MPI. Перечень технических средств приведен в таблице 2.1.

Технические средства измерения (датчики), аппаратура управления и исполнительные механизмы выбирались исходя из требуемой точности измерения и эксплуатационных характеристик. Перечень низовых средств измерения, управления и используемых исполнительных механизмов приведен в спецификации.

Таблица 2.1 – Перечень технических средств

ОПИСАНИЕ	2 Количество	
SIMATIC S7-400, ЦПУ 413-2 DP	3	3
SIMATIC S7-400, НОСИТЕЛЬ МОДУЛЕЙ UR2	4	3
БЛОК ПИТАНИЯ PS407 4A; AC 120/230V – A/10 A/20	5	3
SIMATIC S7-400, 5V ФЛЕШ-ПАМЯТЬ MC 952 FUER S7-400, 256 KBYTE	6	3
SIMATIC S5/S7, ШТЕКЕР PROFIBUS ДО 12 MBIT/S	7	25
SIMATIC S7-300, PROFILSCHIENE L=480мм	8	10
SIMATIC S7-300, ИНТЕРФЕЙСНЫЙ МОДУЛЬ ET 200 м	9	10
БП 307, AC 120/380V, DC 24V, 10A PS 307, AC 120/380V, DC 24V, 10A	10	5
SIMATIC S7-300, ФРОНТШТЕКЕР С ВИНТОВЫМ СОЕДИНЕНИЕМ, 20-пол.	11	51
SIMATIC S7-300, SM 331, U/I/ТП/ТСП, ALARM, ДИАГНОСТИКА, РАЗР.9/12/14BIT, 8 КАНАЛОВ	12	19
SIMATIC S7-300, SM 334, 4 КАНАЛА ВХОДА RT100, 2 КАНАЛА ВХОДА 0-10V	13	14
SIMATIC S7-300, МОДУЛЬ АНАЛОГОВЫХ ВЫХОДОВ SM 332, U/I, ДИАГНОСТИКА, РАЗРЕШЕНИЕ 11/12 BIT 4AA	14	4
SIMATIC S7-300, SM 322, 8DA DC 24V, 2A	15	14
SIMATIC NET, КАБЕЛЬ PROFIBUS ДО 2-ЖИЛ, ЭКРАН ВИТАЯ ПАРА	16	320
SIMATIC S7-300, SM 321, 32 КАНАЛА, 24V	17	6
СТАНДАРТНЫЙ ШКАФ С МОНТАЖНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ	18	4
SIMATIC PC R125, 256 KBIT КЭШБ3,5 1,44 MBIT ПРОЦЕССОР: PENTIUM 200 MHZ, 32 MBIT RAM (2×16 MBIT), 1.6 GBIT EIDE	19	4
ТРЕКБОЛ	20	4
МЕМБРАННАЯ КЛАВИАТУРА IP 65	21	4
ЦВЕТНОЙ МОНИТОР, 21	22	4
КАРТА MULTI VGA, ДЛЯ ПОДКЛЮЧЕНИЯ ДВУХ МОНИТОРОВ К СИСТЕМНОМУ БЛОКУ	23	4
РЕПИТОР RS 485	24	3
SIMATIC S7-400, SM 431, 16AE, РАЗР. 13 BIT +/-10V, +/-20MA, 4-20MA 20MS WANDLUNGSZEIT	25	1
SIMATIC S7-200, ЦПУ 215	26	2
SIMATIC S7-200, РЕЛЕЙНЫЙ ВЫХОД EM 222, 8DA, 2A	27	4
БП ВХ: AC 120/230V ВЫХ: DC24V 3.5A	28	1
SIMATIC S7, STEP7 V4.02	29	1
КАБЕЛЬ ТОЛСТЫЙ КОАКСИАЛ	30	500

2.7 Расчет технико-экономических показателей

В зависимости от назначения, ТЭП делятся на отчетные (характеризующие работу технологических процессов передела за определенный, достаточно длительный, период времени) и оперативные (характеризующие работу технологических процессов комплекса).

Вычисление интеграла от текущего значения измеряемой величины обычно связано с определением суммарного количества некоторого вещества или энергии, поступающих в агрегаты (переделы) или выходящих из них, за определенные, заданные интервалы времени (Т). При этом, измеряемой величиной $X(t)$ является расход входных потоков (мощность соответствующего потока), а искомая величина S_x определяется соотношением:

$$S_x(T) = \int_0^T x(t) dt \quad (2.25)$$

К вычислению величины $S_x(T)$ сводится также задача расчета среднего значения $\bar{x}$ измеряемой величины $x(t)$ на интервале времени $0 \leq t \leq T$:

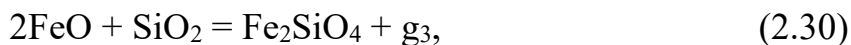
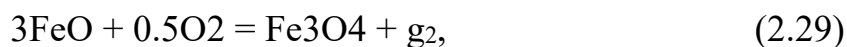
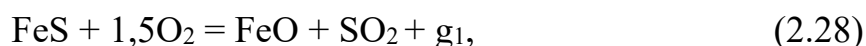
$$\bar{x}(T) = 1/T \int_0^T x(t) dt = 1/T S_x(T) \quad (2.26)$$

Особенностью вычисления величин $S_x(t)$, в данном случае, связана с тем, что в памяти ЭВМ представлены дискретные значения функции $x(t)$.

2.8 Разработка математической модели печи процесса конвертирования

В соответствии с индивидуальным заданием в настоящем проекте разработана математическая модель процесса конвертирования в ходе продувки.

Химизм режима процесса плавки описывается следующими стехиометрическими уравнениями:



При описании кинетики процесса был принят ряд допущений, на искажающих существенно картину процесса:

1) Расплав в надфурменной зоне равномерно перемешан, а в объёме отсутствуют градиенты температуры и концентрации.

2) Гидродинамические условия аппарата стабилизированы.

Для удобства работы с моделью необходимо её переменные выразить в функции входных величин процесса, то есть количества загружаемого штейна и

расхода флюсов, и содержания в них основных компонентов.

Необходимо отметить, что реакционная зона аппарата представляет из себя мельчайшие пузырьки окисляющего газа, всплывающие в объеме расплава. По мере всплытия кислород в пузырьке реагирует с молекулами сульфида железа, находящимися на поверхности раздела фаз. Можно предположить, что в реакции окисления участвуют только те молекулы, FeS, которые в момент образования пузырька оказались на его поверхности.

Следовательно, скорость окислительных процессов определяется скоростью газовой диффузии внутри пузырька, которая на несколько порядков выше скорости диффузии в расплаве.

На основании этого можно сделать ряд упрощающих допущений:

1) поверхностный слой компонентов ванны, участвующих в реакции, мономолекулярен.

2) Химические процессы окисления, протекающие на поверхности пузырька окислителя, заканчиваются раньше, чем пузырек достигает поверхности ванны.

3) Концентрация компонентов в поверхностном мономолекулярном слое в момент соприкосновения с пузырьками окислителя соответствует их концентрации в объеме расплава.

Можно предполагать, что скорость окислительных процессов зависит, в конечном счете от расхода дутья и содержания в нем кислорода и не зависит от концентрации в расплаве FeS.

Уравнение материального баланса по сульфиду имеет вид:

$$VdC_{FeS}^V/dt = \Phi_{FeS} - \Phi''_{FeS} - \Phi'_{FeS} \quad (2.32)$$

где Φ''_{FeS} - количество FeS, выносимое из аппарата в единицу времени.

Φ'_{FeS} - количество FeS, расходуемое в процессе окисления.

C_{FeS}^V – содержание FeS в реакционном объеме аппарата.

Количество сульфида железа, расходуемое в процессе окисления, определяется следующим образом

$$\Phi'_{FeS} = (M_{FeS} \cdot 1.5 / 22.4 \cdot 10^3) \cdot \Phi'_{O_2} = 0.0588 \cdot \Phi'_{O_2} \quad (2.33)$$

где Φ'_{O_2} - расход кислорода на окисление FeS, м³/час.

$M_{FeS}/22.4 \cdot 10^3$ – коэффициент перевода т/час в м³/час

Выразим уравнение (25) через расход дутья Φ_d в парциальное давление кислорода P_{O_2}

$$\Phi'_{FeS} = 0.0588 P_{O_2} \Phi'_d \quad (2.34)$$

Определим количество FeS, выносимое из печи Φ''_{FeS}

$$\Phi''_{FeS} = \Phi_p C_{FeS}^V$$

При непрерывной загрузке в печь, загружается $\Phi_{ш}$ т/час шихты. В процессе теряется диссоциированная сера и сера, связанная сульфидом железа, которая

замещается на кислород. Количество диссоциированной серы определяется выражением (23).

Количество серы Φ'_S , теряемое при окислении FeS с учетом (2.34)

$$\Phi'_S = k_s \Phi'_{FeS} = k_s 0.0588 \Phi'_{O_2} \quad (2.35)$$

где k_s – коэффициент пропорциональности

$$k_s = 0,364$$

$$\text{тогда } \Phi'_S = 0.0124 \Phi'_{O_2} \quad (2.36)$$

по реакции (3) 1 г/атом серы замещается на 1 г/атом кислорода.

$$\Phi'_O = (M_O/M_S) \Phi'_S = 0.0107 \Phi'_{O_2} \quad (2.37)$$

Окончательный выход из печи равен

$$\Phi_p = \Phi_{ш} - \Phi_{S_2} - \Phi'_S + \Phi'_O$$

Или с учетом (2.32), (2.33) и (2.34) –

$$\Phi_p = \Phi_{ш} - \Phi_{ш} C_k (0,185 C_{ш} + 0.084 C_{Fe}) - 0.0214 \Phi'_{O_2} + 0.0107 \Phi'_{O_2} = \Phi_{ш} [1 - C_k (0,185 C_{ш} + 0.084 C_{Fe})] - 0.0588 P_{O_2} \Phi'_d \quad (2.38)$$

$$\text{Отсюда } \Phi''_{FeS} = C^V_{FeS} \{ \Phi_{ш} [1 - C_k (0,185 C_{ш} + 0.084 C_{Fe})] - 0.0588 P_{O_2} \Phi'_d \} \quad (2.39)$$

С учетом (24), (26) и (31) уравнение материального баланса примет вид

$$V dC_{FeS}^V/dr = \Phi_{FeS} - C^V_{FeS} \{ \Phi_{ш} [1 - C_k (0,185 C_{ш} + 0.084 C_{Fe})] - 0.0588 P_{O_2} \Phi'_d \} \quad (2.40)$$

Суммарный расход дутья в печь определится как

$$\Phi_d = \Phi'_d + \Phi''_{O_2}$$

где Φ''_{O_2} – расход дутья на окисление диссоциированной серы.

Можно считать, что диссоциированная газообразная сера окисляется мгновенно, так как, процесс протекает в газовой фазе при высокой температуре, тогда

$$\Phi''_{O_2} = 0.5 (22.4 \cdot 10^3 / M_{S_2}) \Phi_{S_2} = 0.175 \cdot 10^3 \Phi_{S_2} \quad (2.41)$$

Или с учетом

$$\Phi''_{O_2} = \Phi_{ш} C_k (0.32.375 C_{ш} + 14.7 C_{Fe}) \quad (2.42)$$

$$\text{Или } \Phi''_d = \Phi_{ш} C_k / P_{O_2} (32.375 C_{ш} + 14.7 C_{Fe}) \quad (2.43)$$

2.9 Процессы шлакообразования в расплаве

Совместно с концентратом в печь загружаются флюсы в виде кварцита, состоящего в основном из SiO₂.

При шлакообразовании протекает химическая реакция твердой двуокиси кремния SiO_2 с жидкой закисью железа FeO с образованием Fe_2SiO_4 .

Материальный баланс по FeO , выражается уравнением
где Φ_{FeO} - количество FeO , образующееся в процессе

C_{FeO} - концентрация FeO в объеме аппаратов

C_{FeO} - концентрация FeO на поверхности реагирующей частицы SiO_2

P - коэффициент диффузии FeO в шлаке

S - средняя площадь активной поверхности одной реагирующей частицы SiO_2 в единице объема аппарата

Q - толщина диффузного слоя

Количество FeO , образующееся в процессе, определяется скоростью окисления FeS , т.е. расходом окислителя.

$$\Phi_{\text{FeO}} = \Phi_{\text{FeS}} = 0,0588 \Phi_{\text{O}_2} \quad (2.44)$$

и уравнение примет вид

$$dC_{\text{FeO}} / d\tau = 0,0588 \Phi_{\text{O}_2} - \Phi_p C_{\text{FeO}} - QSP / \delta (C_{\text{FeO}} - C_{\text{FeO}}) \quad (37)$$

Скорость растворения SiO_2 в шлаке можно представить в виде

$$\gamma_1 = k_1 Q C_{\text{FeO}} S P \quad (2.45)$$

Принимаем активность FeO пропорциональной её концентрации

$$Q_{\text{FeO}} = K C_{\text{FeO}} \quad (2.46)$$

Подставляя

$$\gamma = K_1 S p C_{\text{FeO}} \quad (2.47)$$

где $K_1 = K K'$

Процесс растворения SiO_2 в FeO является диффузионным, а его скорость является функцией интенсивности перемешивания U и температура расплава T

$$K_1 = K_{10}(u) \exp(-E_1/RT) \quad (2.48)$$

Баланс по SiO_2 в процессе выразится уравнением

$$dC_{\text{SiO}_2} / d\tau = \Phi_{\text{SiO}_2} / \gamma - K_p' C_{\text{SiO}_2} - K_1 S p C_{\text{FeO}} \quad (2.49)$$

Так как плотность SO_2 примерно в два раза меньше, чем плотность шлака, можно считать, что частицы SiO_2 находятся в верхней зоне печи и из аппарата не выносятся, то есть $K'_{\text{в}}=0$. Тогда с учетом (2.49) уравнение (2.50) примет вид

$$dC_{\text{SiO}_2} / d\tau = (\Phi_{\text{ш}} / V) C_{\text{SiO}_2} C_{\text{фл}} - K_1 S p C_{\text{FeO}} \quad (2.50)$$

Материальный баланс по Fe_2SiO_4 представляется в виде

$$dC_{\text{fesio4}}/dt = K_1 S_p C_{\text{feo}} - \Phi_p C_{\text{fe2sio4}} \quad (2.51)$$

Таким образом, получим систему уравнений, описывающих кинетику процессов, протекающих в надфурменной зоне

$$\Phi_{\text{cu2s}} = 1.3 \Phi_{\text{ш}} C_{\text{к}} C_{\text{ш}}$$

$$\Phi_{\text{fes}} = 1.6 \Phi_{\text{ш}} C_{\text{к}} C_{\text{fe}}$$

$$\Phi_{\text{s2}} = \Phi_{\text{ш}} C_{\text{к}} (0.185 C_{\text{ш}} + 0.084 C_{\text{fe}})$$

$$dC_{\text{fes}}/dt = \Phi_{\text{fes}} - \Phi_{\text{ps}} - \Phi_p C_{\text{fes}} - 0.0588 P_{\text{o2}} \Phi'_q$$

$$dC_{\text{feo}}/dt = 0.0588 P_{\text{o2}} \Phi'_q - \Phi_p C_{\text{feo}} - QSP/\delta(C_{\text{feo}} - C_{\text{feo}})$$

$$dC_{\text{sio2}}/dt = \Phi_{\text{ш}} C_{\text{доп}} C_{\text{sio2}} - K_1 S_p C_{\text{feo}}$$

$$dC_{\text{fe2sio4}}/dt = K_1 S_p C_{\text{feo}} - \Phi_p C_{\text{fe2sio4}}$$

$$\Phi_p = \Phi_{\text{ш}} (-C_{\text{к}} (0.185 C_{\text{ш}} + 0.084 C_{\text{fe}})) - 0.0107 P_{\text{o2}} \Phi'_q$$

$$K_1 = K_1^{\circ} (4) \exp(-E/RT)$$

$$\Phi''_q = \Phi_{\text{ш}} C_{\text{к}} (32.4 C_{\text{ш}} + 14.7 C_{\text{fe}}) / P_{\text{o2}}$$

$$\Phi'_q = \Phi_q - \Phi''_q.$$

В данном проекте предложен алгоритм оптимального управления процессом плавки в конвертере в ходе продувки расплава.

Алгоритм реализован на основе разрабатываемой математической модели процесса и процедуры оптимизации. В качестве процедуры оптимизации выбраны методы нелинейного программирования с преобразованием исходного критерия по методу штрафных функций.

Описание алгоритма оптимального управления процессом конвертирования дано в соответствии с блок-схемой алгоритма (рис 2.2).

Блок 1. Подпрограмма блока осуществляет сбор и обработку информации от датчиков и преобразователей с внешних накопителей, а также с устройств ручного ввода от операторов. Подпрограмма блока осуществляет формирование исходных данных для решения задачи управления.

Блок 2. Производит расчет значений переменных состояния $X(k)$ на текущем шаге и для $(k+1)$ -го.

Блок 3. Производит вычисления критерия f в зависимости от переменных состояния $X(k+1)$.

Блок 4. Производит сравнение текущего значения шага по управляющим переменным $\Delta U(k+1)$ с заданными значениями шага

$\Delta U_{\text{зад}}$. В случае $\Delta U(k) = \Delta U_{\text{зад}}$ приводим в блок 6, в случае отклонения от данного условия все операции повторяются.

Блок 6. Производит вывод управляющих воздействий на объект.

Основной целью создания информационного обеспечения является обеспечение возможности анализа состояния объекта управления и принятия управляющих решений в нормальных и экстремальных ситуациях. Назначение информационной системы состоит в измерении значений контролируемых параметров передачи этой информации к месту ее первичной обработки и

представления в местах использования информации для решения задач управления технологическим процессом конвертирования.

Информационное обеспечение должно отвечать следующим требованиям:

- своевременность доставки информации;
- достоверность передачи;
- возможность технической реализации;
- свободного доступа ко всем элементам базы данных независимо от уровня структуры, к которой они принадлежат;
- независимости организации базы данных от функционального назначения алгоритма;
- достаточность информации для реализации всех функций системы управления, с минимальной избыточностью информации;
- возможности расширения базы данных с учетом перспективы развития системы управления;
- надежность функционирования информационной подсистемы, т.е. надежность и помехозащищенность хранения информации.

Состав информационного обеспечения представляет собой совокупность системы классификации и кодирования, систем документации и массивов информации, системы показателей (перечень входных и выходных сигналов) и образующих в совокупности внутримашинную и немашинную базы данных.

Внутримашинная информационная база должна максимально удовлетворять требованиям функциональных задач системы и обеспечивать программы, в процессе решения, полной, однозначной информацией, которая включает: входную информацию, используемую для последующего решения задач; хранимую нормативно-справочную информацию (НСИ), используемую как для решения задач, так и для вывода информации на экран и печать.

Структурно внутримашинная информационная база представляет собой совокупность файлов, размещаемых частично в оперативно запоминающем устройстве, частично во немашинных запоминающих устройствах, подразделяющихся, в соответствии с назначением содержащейся в них информации, на следующие структуры:

- нормативно-справочные файлы;
- информационные файлы;
- система кодирования информации, являющейся формализованным языком для ввода и обработки данных на ЭВМ;
- программно-алгоритмические средства, обеспечивающие создание и функционирование информационных баз.

Немашинная информационная база описывает организацию и структуру входных информационных сообщений (контролируемых переменных, входных документов); правила ведения немашинной и внутримашинной информационных баз; правила кодирования используемой информации.

Информационное обеспечение должно строиться в соответствии со следующими принципами:

- информационное обеспечение должно описывать всю обрабатываемую

информацию;

- информационное обеспечение должно описывать технологию обработки информации;
- информационная база системы должна обеспечивать доступ к ней всех задач и связанных с ней систем.

Исходной информацией для процесса плавки в печи Ванюкова являются данные по состоянию технологического процесса (расход дутья, расход шихты и температуры отходящих газов) и разрушения в газоходах. Источниками является датчики автоматического контроля соответствующих переменных.

Выходная информация из системы автоматизации технологическим процессом плавки в печи Ванюкова выдаётся в виде:

- управляющих воздействий на исполнительные механизмы дросселей, направляющих аппаратов дымососов и колокольных затворов;
- текущих усреднённых и интегрированных данных по расходу газов и содержанию SO_2 в них.

Должен обеспечиваться ввод и вывод информации согласно следующим количественным характеристикам:

1) Комплекс ввода аналоговых сигналов.

Общее число аналоговых входных сигналов 60.

Аналоговые сигналы характеризуют

- температуру - 42,
- расход - 13,
- давление или разряжение - 4,
- концентрацию - 1.

2) Комплекс вывода дискретной информации.

Дискретные сигналы системы характеризуют состояние работы технологического оборудования дымососов и конечных положений запорной аппаратуры. Общее количество дискретных сигналов - 42.

3) Вывод информации:

а) Предусматривается выдача сигналов управления и регулирования расходом газов, температурой и разряжением по газовому тракту, расходом шихты, кислорода и их соотношения.

Общее число управляющих воздействий - 10.

Б) Оператор предусматривает выдачу на печать текущих, интегрирующих и усредненных значений параметров и индексацию их на цифровом табло или видео терминал.

Поступление информации в них осуществляется либо автоматическим объектом датчиков, либо вручную оператором с клавиатуры терминальных устройств.

Сведения о поступающих в систему сигналах и воздействиях, кроме значений величины данных сигналов и воздействий, представляет собой условно постоянную информацию (адрес датчика или терминала, диапазон изменения и тому подобное) и должны отражаться в базе данных в соответствии с требованиями по организации нормативной - справочной информации (НСИ).

3 Расчетная часть

3.1 Расчет настроек пи-регулятора

Исходные Данные:

$K_{01}=0.2$, $K_{02}=1.6$, $K_{03}=2.3$, $T_{01}=3.6\text{с}$, $T_{02}=2.8\text{с}$, $T_{03}=1.1\text{с}$, $\tau_0=1.8\text{с}$, закон регулирования ПИ, $M=1,28$

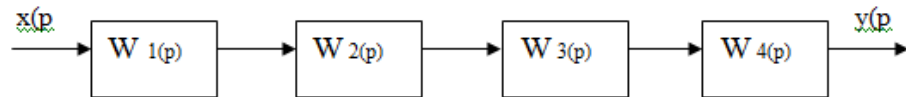


Рисунок 3.1 – Структурная схема объекта регулирования

$$W_1(p) = \frac{K_{01}}{T_{01}p + 1} = \frac{0.2}{3.6p + 1}$$

$$W_2(p) = \frac{K_{02}}{T_{02}p + 1} = \frac{1.6}{2.8p + 1}$$

$$W_3(p) = \frac{K_{03}}{T_{03}p + 1} = \frac{2.3}{1.1p + 1}$$

$$W_4(p) = e^{-p \cdot \tau_0} = e^{-p \cdot 1.8}$$

Для того чтобы посчитать передаточную функцию объекта управления нам нужно выполнить несколько процедур. Сперва найдем передаточную функцию звеньев $W_{1(p)}$ и

$$W_{2(p)}, W_{5(p)} = W_{1(p)} \cdot W_{2(p)} = \frac{0.2}{3.6p + 1} \cdot \frac{1.6}{2.8p + 1} \quad (3.1)$$

получим звено $W_{5(p)}$ с передаточной функцией

$$\frac{0.32}{10.08p^2 + 6.4p + 1} \quad (3.2)$$

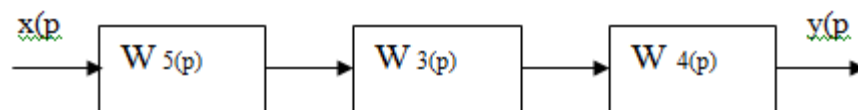


Рисунок 3.2 – Упрощённая модель объекта регулирования
далее найдем передаточную функцию звеньев $W_{5(p)}$ и $W_{3(p)}$

$$W_{6(p)} = W_{5(p)} \cdot W_{3(p)} = \frac{0.32}{10.08p^2 + 6.4p + 1} \cdot \frac{2.3}{1.1p + 1} = \frac{0.736}{11.088p^3 + 17.12p^2 + 7.5p + 1} \quad (3.3)$$

Получим звено $W_{6(p)}$ с передаточной функцией $\frac{0.736}{11.088p^3 + 17.12p^2 + 7.5p + 1}$

На рисунке 3.3 представлена эквивалентная модель объекта регулирования, которая в ходе расчетов описывается двумя передаточными функциями (3.4).

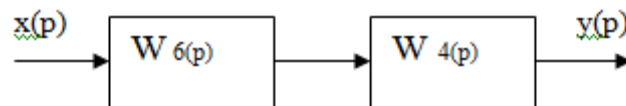


Рисунок 3.3 – Эквивалентная модель объекта регулирования

После мы можем найти общую передаточную функцию объекта регулирования с помощью звеньев $W_{6(p)}$ и $W_{4(p)}$

$$W_{об(p)} = W_{6(p)} \cdot W_{4(p)} = \frac{0.736}{11.088p^3 + 17.12p^2 + 7.5p + 1} \cdot e^{-p \cdot s_0} \quad (3.5)$$

Получилось звено $W_{об(p)}$ с передаточной функцией

$$\frac{-0.736p + 9.81778}{11.088p^4 + 29.44p^3 + 26.5222p^2 + 9.3333p + 1.1111} \quad (3.5)$$

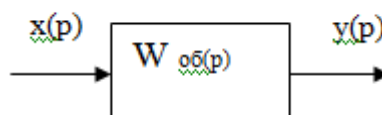


Рисунок 3.4 – Общая схема объекта регулирования

Для облегчения дальнейшей работы с объектом управления, в процессе расчетов и решения, была получена общая схема объекта регулирования, которая показана на рисунке 3.4 и описывается одной передаточной функцией (3.5).

Для того чтобы получить кривую переходного процесса модели объекта управления подаем единичное ступенчатое воздействие на звено $W_{об(p)}$

```
n1=[0.2]; d1=[3.6 1];
n2=[1.6]; d2=[2.8 1];
n3=[2.3]; d3=[1.1 1];
[num1,dem1]=pade(1.8,1);
```

```

[num2,dem2]=series(n1,d1,n2,d2);
[num3,dem3]=series(num2,dem2,n3,d3);
[num4,dem4]=series(num1,dem1,num3,dem3);
printsys(num4,dem4,'p');
step(num4,dem4);
grid on

```

Набрав на MATLAB-е программу было получен график переходного процесса, который показан на рисунке 3.5.

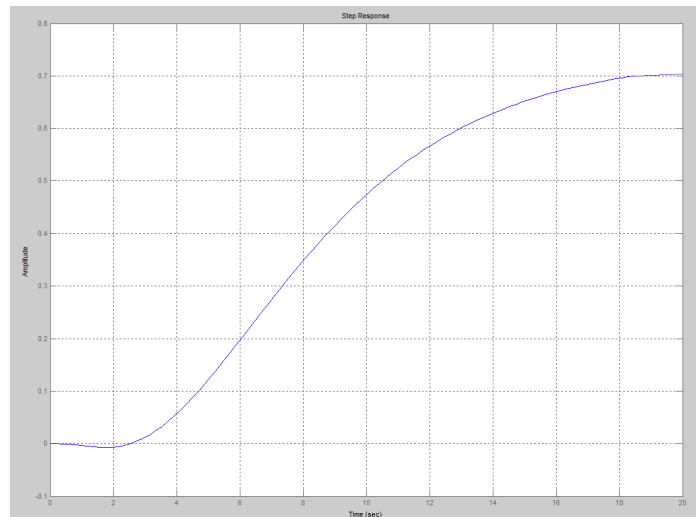


Рисунок 3.5 – График переходного процесса

На рисунке 3.6 изображен график, который показывает нам как ведет себя система при единичном ступенчатом воздействии и определяет динамические характеристики объекта регулирования:

- коэффициент передачи (K) – 0.8
- постоянная времени (T) – 9.5
- время запаздывания (τ) - 3.3

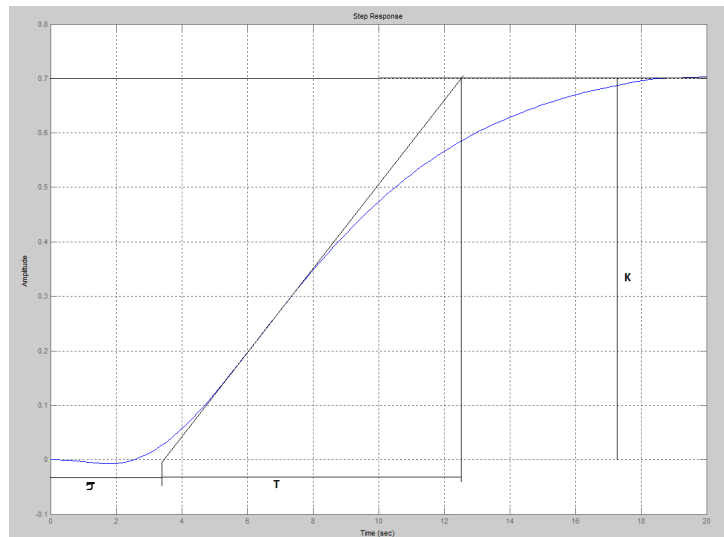


Рисунок 3.6 – Кривая разгона

Для того, чтобы получить годограф Найквиста наглядно определяем с помощью графика устойчивость системы:

```
n1=[0.2]; d1=[3.6 1];
n2=[1.6]; d2=[2.8 1];
n3=[2.3]; d3=[1.1 1];
[num1,dem1]=pade(1.8,1);
[num2,dem2]=series(n1,d1,n2,d2);
[num3,dem3]=series(num2,dem2,n3,d3);
[num4,dem4]=series(num1,dem1,num3,dem3);
printsys(num4,dem4,'p');
nyquist (num4,dem4);
grid on
```

Полученный годограф Найквиста показан на рисунке 3.7.

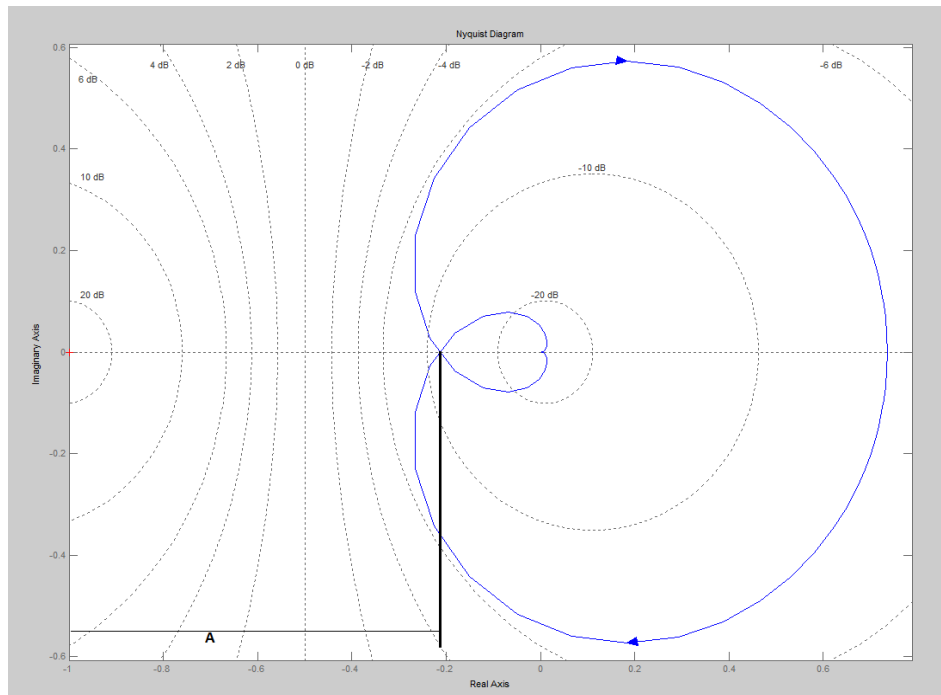


Рисунок 3.7 – Годограф Найквиста

Данный график показывает нам что система устойчива, потому что не охватывает точку $(-1, j_0)$:

По этому графику так же определяем запас устойчивости системы $A=0.79$

Определяем устойчивость системы по ЛАФЧХ графически

```
n1=[0.2]; d1=[3.6 1];
n2=[1.6]; d2=[2.8 1];
n3=[2.3]; d3=[1.1 1];
[num1,dem1]=pade(1.8,1);
[num2,dem2]=series(n1,d1,n2,d2);
[num3,dem3]=series(num2,dem2,n3,d3);
[num4,dem4]=series(num1,dem1,num3,dem3);
printsys(num4,dem4,'p');
margin (num4,dem4);
grid on
```

На рисунке 3.8 показана логарифмическая амплитудно-фазовая частотная характеристика объекта регулирования, с помощью данного графика были определены запас устойчивости по фазе и частоте. Запас устойчивости по модулю = 13.3дБ.

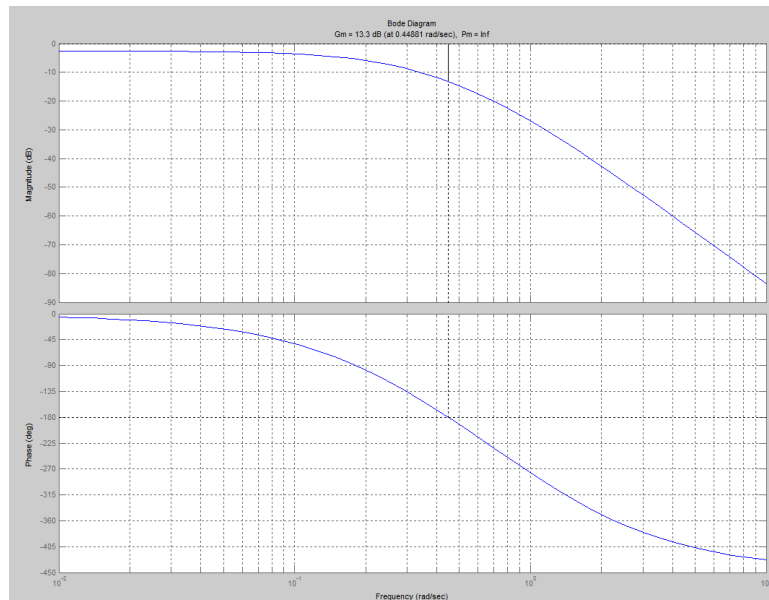


Рисунок 3.8 - Логарифмическая амплитудно-фазовая частотная характеристика.

Для выбора подходящего закона регулирования и нахождения критерия оптимальности процесса регулирования был задан ПИ-закон регулирования, который необходимо проверить работоспособность закона на заданном объекте регулирования.

Расчитываем динамический допустимый коэффициент регулирования:

$$\frac{\tau}{T} = \frac{3.2}{9.4} = 0.34 \quad (3.6)$$

Отношение запаздывания к постоянной времени меньше единицы, следовательно регулятор непрерывного действия.

Динамический коэффициент определяем по графику (рисунок 3.9)

$$R_d = 0.31$$

$R_d^{\partial on}$ определяется по данной формуле (3.7):

$$R_d^{\partial on} = \frac{x_1^{\partial on}}{K_{об} \cdot X_{ex}} \quad X_1^{\partial on} = |K_{об} - X_{ex}| \quad (3.7)$$

Подставляя значения в вышеописанные формулы, получаем значения

$$X_1^{\partial on} = |0.7 - 1| = 0.3 \quad R_d^{\partial on} = \frac{0.3}{0.7 \cdot 1} = 0.43$$

Из полученных результатов расчетов мы можем увидеть что $R_d = 0.31 < R_d^{\partial on} = 0.43$, т.е. выбранный нами ПИ-закон регулирования подходит для рассматриваемой системы

Передаточная функция ПИ-регулятора:

$$W_{(p)} = K_{pez} \left(1 + \frac{1}{T_{u.p}}\right)$$

$$K_{pez} = \frac{1}{k_0 \cdot \tau/T} = \frac{1}{0.7 \cdot 0.34} = 4.2c$$

$$T_{uz} = \tau + 0.35 \cdot T = 3.2 + 0.35 \cdot 9.4 = 6.49c \quad (3.8)$$

Воспользовавшись подробной методикой для расчета настроек регулятора графоаналитическим методом, по графикам зависимости оптимальных настроек ПИ-регулятора от динамических свойств объекта регулирования для процесса с минимальной площадью квадратичного отклонения регулируемой при $\frac{\tau}{T} = 0.34$ находим по величине рисунку 3.9

Используя детальный метод расчета настроек регулятора графоаналитическим методом, по графикам зависимости оптимальных настроек регулятора NUM «PI» от динамических качеств объекта управления для процесса с наименьшим квадратное отклонение регулируемого значения, ,при $\frac{\tau}{T} = 0.34$ находим значение рисунку 3.9

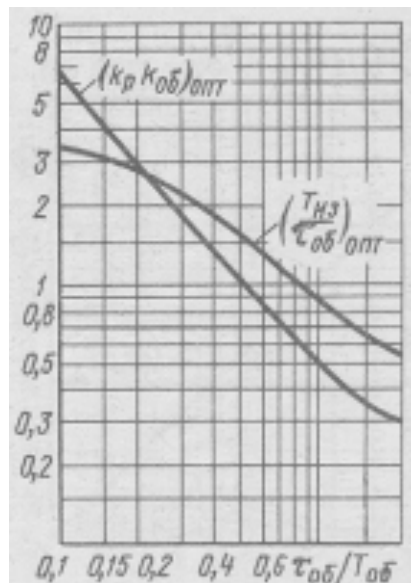


Рисунок 3.9 - Зависимость оптимальных настроек ПИ-регулятора от динамических свойств объектов.

Используя формулы для нахождения оптимальных настроек регулятора, рассчитываем:

$$K_p = \frac{(K_p \cdot K_{об})_{онм}}{K_{об}} \quad T_u = \left(\frac{T_u}{\tau_{об}}\right)_{онм} \cdot \tau_{об} \quad (3.9)$$

Подставим значения в выше перечисленные :

$$K_p = \frac{1.8}{0.7} = 2.6с$$

$$T_u = 2.2 \cdot 3.2 = 7.04с$$

Сравним данные, полученные графоаналитическим методом с данными, полученными из формул.

$$K_{рег.онм} = \frac{4.2 + 2.6}{2} = 3.4с$$

$$T_u = \frac{6.49 + 7.04}{2} = 6.75с$$

Оптимальная передаточная функция регулятора:

$$W_{онм(p)} = \frac{K_{рег.онм} \cdot T_u \cdot p + K_{рег.онм}}{T_u \cdot p} = \frac{3.4 \cdot 6.75p + 3.4}{6.75p} = \frac{23.001p + 3.4}{6.75p} \quad (3.10)$$

В задании основной канал регулирования X_3 - X , следовательно замкнутая система имеет вид:

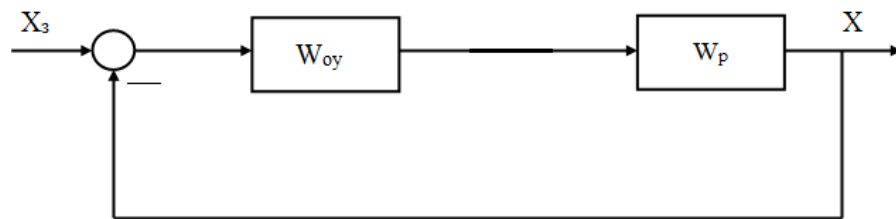


Рисунок 3.10 - Замкнутая система автоматического регулирования по каналу задания

Передаточная функция объекта:

$$\frac{-0.736p + 9.81778}{11.088p^4 + 29.44p^3 + 26.5222p^2 + 9.3333p + 1.1111} \quad (3.11)$$

Передаточная функция регулятора:

$$\frac{23.001p + 3.4}{6.75p} \quad (3.12)$$

Введем значения в программу Matlab и построим характеристику:

```
n1=[-0.736 9.81778]; d1=[11.088 42.44 46.5222 18.3333 2.1111];
```

```
n2=[2.77 0.37]; d2=[7.5 0];
```

```
[num1,dem1]=series(n1,d1,n2,d2);
```

```
[num2,dem2]=Cloop(num1,dem1,-1);
```

```
printsys(num2,dem2,'p');
```

```
step (num2,dem2);
```

```
grid on;
```

В результате была получена динамическая характеристика полученной системы регулирования, которая показана на рисунке 3.11.

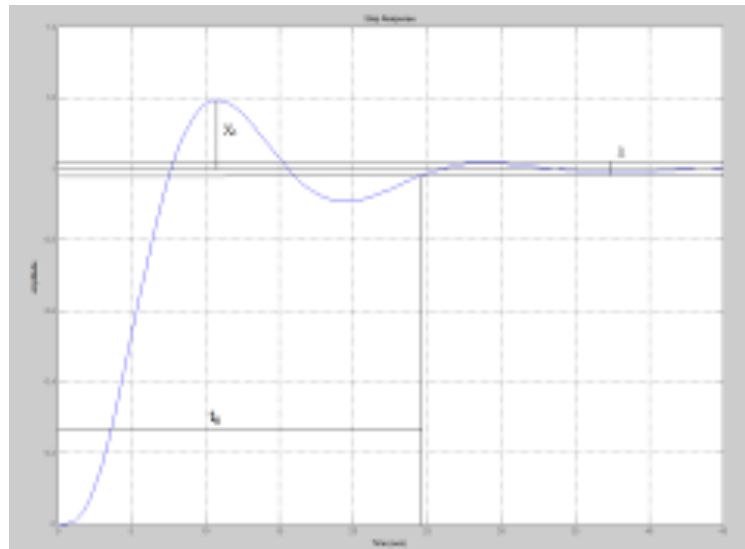


Рисунок 3.11 - Динамическая характеристика полученной системы регулирования

Показателями качества регулирования являются:

- Перерегулирование;
- Количество колебаний регулируемой величины возле линии установившегося значения за время регулирования.
- Максимальное динамическое отклонение;
- Время регулирования

Время регулирования переходного процесса называют интервал времени от начала регулирования до пересечения зоны $\Delta = 5\%$ от X_1

$$\Delta = 0.19 * 5\% = 0.095$$

Время регулирования переходного процесса определяем по графику. $t_n = 24\text{с}$

Перерегулированием σ называют отношением максимального отклонения регулируемой величины и величины установившегося значения, выраженное в процентах.

$$\sigma = X_1 * 100\% = 0.19 * 100\% = 19\%. \quad (3.13)$$

Максимальным динамическим отклонением - называют максимальное отклонение регулируемой величины от заданного значения в ходе процесса регулирования. Как видно из рисунка 12, предельное динамическое отклонение равно 0.19

Количество колебаний регулируемой величины возле линии установившегося параметра за время регулирования $n=3$.

Для определения оценки устойчивости системы по критерию Найквиста, в командной строке введем программу

```
n1=[-0.736 9.81778]; d1=[11.088 42.44 46.5222 18.3333 2.1111];
n2=[2.77 0.37]; d2=[7.5 0];
[num1,dem1]=series(n1,d1,n2,d2);
[num2,dem2]=Cloop(num1,dem1,-1);
printsys(num2,dem2,'p');
nyquist (num2,dem2);
grid on;
```

В результате работы данной программы, был получен график устойчивости системы по критерию Найквиста, который показан на рисунке 3.12.

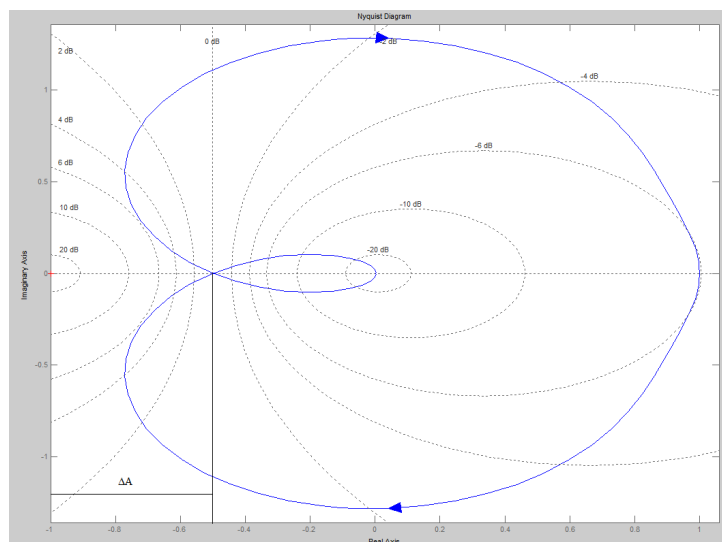


Рисунок 3.12 – График устойчивости системы по критерию Найквиста

По полученному графику можно определить, что система устойчива и имеет запас устойчивости равной $\Delta A = 0.5$

4 Расчет экономических показателей

4.1 Экономическое обоснование целесообразности автоматизации объекта, сметно-финансовый расчет стоимости ТСА, расчет амортизационных отчислений

Одним из важнейших элементов повышения эффективности экономики является автоматизация технологических процессов.

Автоматизация технологических процессов обеспечивает их интенсификацию, снижение расходов сырья, улучшение качества продукции, поддержание заданных значений технических параметров. Эффективность внедрения систем и устройств автоматического управления зависит от степени оснащения ими производств. Автоматизация технологических процессов объекта является одним из решающих факторов повышения производительности и улучшения условий труда.

Таким образом мероприятие по внедрению автоматизации способствует интенсификации производства, даёт существенный экономический эффект.

Спецификация оборудования, изделий и материалов – это текстовый проектный документ, определяющий состав оборудования, изделий и материалов, предназначенный для комплектования, подготовки и внедрения проекта.

Таблица 4.1 – Спецификация оборудования

Наименование оборудования	Единицы измерения	Количество
Арматура сигнальная АС-220	Шт.	6
Ревун	Шт.	1
Преобразователь Метран 350	Шт.	2
Прибор регистрирующий ДИСК250М	Шт.	9
Прибор регулирующий РС29.1.12	Шт.	3
Пускатель ПБР 2 М	Шт.	4
Механизм исполнительный МЭО 250	Шт.	4
Заслонка регулирующая ПРЗ 500	Шт.	5
Кнопка ПКЕ 112	Шт.	5
Газоанализатор ЭХТ	Шт.	2
Преобразователь Метран 55	Шт.	2
Сигнализатор давлений СДУ-М	Шт.	1
Термопара ТХК	Шт.	5
Блок ручного управления БРУ 42	Шт.	1

Данная таблица отображает приборы, нужные для обеспечения контроля и автоматизации медеплавильного конвертора. По данным этой таблицы можно составить сметную стоимость оборудования.

Таблица 4.2 – Сметная стоимость оборудования

Наименование оборудования	Единицы измерения	Кол-во	Цена за единицу	Общая стоимость
Арматура сигнальная АС-220	Шт.	6	58	348
Ревун	Шт.	1	1450	1450
Преобразователь Метран 350	Шт.	2	24000	48000
Прибор регистрирующий ДИСК250М	Шт.	9	25000	225000
Прибор регулирующий РС29.1.12	Шт.	3	25000	75000
Пускатель ПБР 2.3	Шт.	4	3800	15200
Механизм исполнительный МЭО 250	Шт.	4	15600	62400
Заслонка регулирующая ПРЗ 500	Шт.	5	5100	25500
Кнопка ПКЕ 112	Шт.	5	115	575
Газоанализатор ЭХТ	Шт.	2	86500	173000
Преобразователь Метран 55	Шт.	2	8500	17000
Сигнализатор давлений СДУ-М	Шт.	1	500	500
Термопара ТХК	Шт.	5	980	4900
Блок ручного управления БРУ 42	Шт.	1	4800	4800
Пускатель электромагнитный ПМЕ-211	Шт.	2	290	580
Итого	654153			

Таблица «Сметная стоимость оборудования» составляется по данным таблицы «Спецификация оборудования». Сметная стоимость оборудования определяется как сумма всех затрат на приобретение оборудования. Стоимость всех приборов показывает, какое количество средств, придётся потратить для обеспечения автоматизации предприятия.

20% - транспортировка

10% - монтаж

5% - хранение

Сметная стоимость = $521718 + 521718 \cdot 0.2 + 521718 \cdot 0.1 + 521718 \cdot 0.05 = 704320$

Расчёт амортизации оборудования

Средний срок службы оборудования рассчитан на 8 лет.

Норма амортизации = $100\% / \text{срок службы}$

$$\text{Годовая сумма} = \text{Сметная стоимость} * \text{норма амортизации} / 100 \%$$

Таблица 4.3 – Расчет амортизации оборудования

Наименование оборудования	Сметная стоимость	Расчет амортизации	
		Норма амортизации, %	Годовая сумма
Оборудование медеплавильного ковертера	654153	12,5 %	81769,125
Итого			81769,125

Данная таблица показывает, какое количество средств придётся на амортизацию оборудования. То есть какую сумму придётся тратить на обслуживания оборудования каждый год.

Амортизация – это стоимость основных фондов в денежной форме, которую можно вторично авансировать в основные производственные фонды.

Амортизационные отчисления – это денежное выражение стоимости износа собственных основных фондов.

Амортизация – это стоимость основных фондов в денежной форме, которую можно вторично авансировать в основные производственные фонды.

Амортизация включается в себестоимость и является её частью после реализации работ и услуг она становится частью выручки поступающей на предприятие и может быть использована на реновацию, т.е. полное восстановление основных фондов.

Амортизационные отчисления – это денежное выражение стоимости износа собственных основных фондов.

4.2 Расчет численности и фонда заработной платы рабочих, смета эксплуатационных затрат, расчет экономической эффективности

Для расчета заработной платы нам нужно знать баланс рабочего времени. Баланс рабочего времени — представленная в виде таблицы система показателей, характеризующих ресурсы рабочего времени организации (предприятия) и их использование.

Тип производства медеплавильного конвертора — непрерывный.

Кол-во смен в день — 2 смена.

Далее рассчитаем списочную численность рабочего персонала. Эти данные понадобятся для расчета заработной платы.

Таблица 4.4 — Годовой баланс рабочего времени

Показатели		
	Для руководящих должностей	Для слесарей КИПиА
Календарное время	365	365
Выходные и праздничные дни	116	182
Номинальный фонд рабочего времени	241	183
Неявки на работу по болезни	5	3
Очередной отпуск	36	36
Эффективный фонд рабочего времени	200	144

В таблице указывается количество часов, которые каждый работник должен отработать. Так же указывается тарифный разряд работника, в зависимости, от которых начисляется заработная плата.

Таблица 4.5 - Расчет численности рабочих, для эксплуатации и обслуживания медеплавильного конвертора.

Наименование штатной единицы			Слесарь	Оператор	Монтажник
Кол-во смен в сутки			1	1	1
Тарифный разряд			5	3	3
Явочная численность	На смену		2	4	2
	На сутки		4	8	4
Коэффициент списочного состава			2,53	2,53	2,53
Списочная численность			10	5	10
Положено отработать списочному составу	Смен		1440	720	1440
	Часов		17280	8640	17280
	В том числе	Праздничные	1152	2304	1152
		Ночные	5760	2880	5760

Для расчета численности рабочих, необходимых для обслуживания предприятия составляется баланс рабочего времени в год по данным предприятия на текущий год, данные указаны в таблице - 1.

Коэффициент списочного состава считается по формуле:

$$Ч_с = \Phi_{ном} / \Phi_{эф} \quad (4.1)$$

Списочная численность считается по формуле:

$$Ч_{рс} = Ч_я * К_с \quad (4.2)$$

Расчёт годового фонда заработной платы рабочих показывает, какую сумму средств нужно потратить на уплату заработной платы рабочих.

Таблица 4.6 - Расчёт годового фонда заработной платы рабочих

Наименование штатной единицы		Слесарь	Оператор	Монтажник	Итого
Тарифная ставка		100	80	75	
З. пл. по тарифу		2419200	1105920	1814400	
Премия из фонда	В %	40	35	20	
	Сумма	967680	387072	362880	
Доплата	За ноч. и вечер.	230400	92160	172800	
	За праздники	115200	184320	86400	
Районная надбавка		362880	165888	272160	
Итого основная		4095360	1935360	2708640	8739360

Тарифная ставка показывает стоимость часа работы рабочего. В зависимости от тарифного разряда и специальности рабочего она разная.

Зарплата по тарифу по тарифу рассчитывается как произведение графы «Тарифная ставка» на графу «Положено отработать списочному составу», подпункт «Часов». То есть показываем общую сумму заработной платы за все часы работы рабочего.

Премия из фонда указывается в процентах. И составляет часть от заработной платы. Премия рабочему может выдаваться, а может и нет, в зависимости от того как хорошо он отработал положенное время.

Доплата показывает, какую сумму средств нужно потратить на заработную плату рабочих. Оплата за ночные и вечерние часы считается как 40% от графы «Тарифная ставка» умноженная на графу таблицы 5 «Положено отработать списочному составу», подпункт «Ночных (час)». Оплата за праздники считается как 100% от дневного тарифа умноженная на графу таблицы 5 «Положено отработать списочному составу», подпункт «Праздничных (час)».

Районная надбавка на Урале составляет 15%.

Итоговая сумма считается, как сумма графы «З. пл. по тарифу, руб.» + «За ноч. и вечер.» + «За праздники» + «Района надбавка, руб.». Показывает общую сумму средств требуемых для оплаты труда рабочих.

Далее рассчитаем годовой фонд заработной платы специалистов, который показывает, какую сумму средств нужно потратить на уплату заработной платы специалистов.

Таблица 4.7 - Расчёт годового фонда заработной платы специалистов

Наименование штатной единицы	Мастер участка	Инженер технолог	Итого
Число специалистов	1	1	
Месячный оклад, руб.	20000	30000	
Годовой фонд оплаты по тарифу	240000	360000	
Премия, %	50	60	
Премия	120000	216000	
Годовой фонд заработной платы с учетом К _р	414000	662400	
Коэффициент занятости на участке, цехе	0,8	0,75	
Сумма заработной платы	331200	496800	828000

Годовой фонд оплаты по тарифу показывает сумму средств для оплаты зарплаты за год, каждому специалисту.

Премия из фонда указывается в процентах. И составляет часть от заработной платы специалиста.

Годовой фонд заработной платы с учетом К_р считается как сумма годового фонда оплаты по тарифу и премии, умноженная на 1,15.

Коэффициент занятости на участке, цехе показывает, как специалист занят на работе.

Сумма заработной платы считается как произведение графы «Годовой фонд заработной платы с учетом К_р» и «Коэффициент занятости на участке, цехе».

После всех расчетов можно подсчитать сметную стоимость затрат производства. Таблица покажет сметную стоимость затрат, то есть общую стоимость всех средств, которые были потрачены на обеспечения работы предприятия.

$$К_{д. з.п} = \text{Дот.}/\text{Дяв.} = 36/144 = 0.25$$

$$\text{Д.з.п} = \text{о.з.п} * К_{д. з.п} = 8739360 * 0.25 = 2184840$$

Основная и дополнительная заработная плата обслуживающего персонала это сумма заработной платы всех рабочих и специалистов.

Износ и ремонт МБП считается как 5% от сметной стоимости оборудования, указанной в таблице 4.

Таблица 4.8 – Сметная стоимость затрат

Статья затрат	Сумма	Метод
Основная и дополнительная заработная плата обслуживающего персонала	11752200	Таблица оплаты труда рабочим и специалистам
Отчисления в единый социальный налог	352566030	30% от суммы з. пл.
Амортизация	81769,125	см. табл. амортизации
Запасные части	1308306	2% от суммы амортизации
Износ и ремонт МБП	327076,5	5% от сметной стоимости оборудования
Расходы на текущий ремонт	196245,9	0% от суммы амортизации
Электроэнергия	19900	24 тг. за 1 кВт/ч
Итого затрат	17211158	

Электроэнергия считает по формул:

$$t_{эл} = W * t_{руб} \quad (4.3)$$

Плата считается по формуле:

$$\text{Плата} = W * t_{руб}, \quad (4.5)$$

где W- расход электроэнергии на нужды предприятия, $t_{руб}$ - тариф за кВт/ч.

5 Охрана окружающей среды правила техники безопасности

5.1 Техника безопасности на участке контрольно-измерительных приборов и автоматики

Охраной труда называют систему законодательных актов, социально – экономических, организационных, технических, гигиенических и лечебно профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья, работоспособности человека в процессе труда. Одна из основных задач охраны труда заключается в обеспечении безопасности труда человека, т.е. создание таких условий труда, при которых исключается воздействие на работающий опасных, вредных производственных факторов.

Слесарь КИПиА должен быть обучен специальной программе и сдать экзамен квалификационной комиссии, иметь не ниже второй квалификационной группы по эксплуатации электроустановок. перед допуском к работе каждый поступающий в цех должен быть ознакомлен с начальником цеха или его заместителем по техники безопасности, с общими правилами ведения работ, после чего мастер проводит инструктаж поступающего, на рабочем месте.

При этом рабочий должен быть ознакомлен с особенностями работы на данном рабочем месте, с оборудованием и инструментом. После инструктажа на рабочем месте рабочий допускается к стажировке и обучению на рабочем месте под руководством опытного рабочего, о чем издается приказ по цеху. К самостоятельной работе рабочий должен быть допущен только после окончания срока стажировки, установленного для данного рабочего места и после проверки знаний комиссией назначенной распоряжением по цеху. Рабочий обязан твердо знать опасные моменты своего рабочего места и методы устранения их.

На должность слесаря, занятого на эксплуатации приборов КИПиА, допускаются лица, прошедшие соответствующее обучение, сдавшие экзамен и имеющие удостоверение на право выполнения работ по эксплуатации КИП и Л, а также прошедшие инструктаж на рабочем месте по безопасным методам работы.

Периодическая проверка знаний рабочих правил техники безопасности и технической эксплуатации должна проводиться ежегодно. Повтор инструктажа по технике безопасности ежегодно.

Проведение экзаменов по проверке знаний оформляется протоколом и другой документацией, осуществляется в строгом соответствии с правилами технической эксплуатацией на производстве.

На самостоятельную работу слесарь занятый на эксплуатации приборов может быть допущен только после двух недельной работы в качестве дублера слесаря.

Перед началом работы:

1 Проверить исправность средств индивидуальной защиты, комплектность и исправность инструмента, приспособлений и приборов. При работе применять их только в исправном состоянии.

2. Заступая на смену необходимо ознакомиться с записями начальника смены за прошедшие сутки.

3. Для переноски инструмента к месту работы использовать специальную сумку.

4. Проверить, чтобы освещение рабочего места было достаточным и свет не слепил глаза. Пользоваться местным освещением напряжением свыше 36В запрещается.

5. Если необходимо пользоваться переносной лампой в обычных условиях, ее напряжение должно быть не более 36В. При выполнении газоопасных работ применять переносные светильники во взрывозащищенном исполнении или аккумуляторные лампы.

6. Внимательно осмотреть место работы, привести его в порядок, убрать все мешающие работе посторонние предметы. Содержать в чистоте и порядке рабочее место и закрепленное за тобой оборудование и КИП.

7. Перед началом ремонтных работ непосредственно в производственном цехе, где установлены приборы, согласовывать с допускающим (зам.начальника цеха, энергетиком или начальником смены) разрешение работ в данном цехе.

8. Отключение и подключение приборов и оборудования от питания электротоком первичной сети (от распределительного пункта, щита и др.) разрешается производить только электромонтером этого цеха.

9. Для предупреждения случайного включения приборов в электросеть потребовать от электромонтера цеха удаления предохранителя сети электропитания приборов и оборудования, а при капитальном ремонте отсоединения и изоляции концов проводов, питающих данное оборудование. На месте, где произведено отключение вывесить предупредительный плакат « НЕ ВКЛЮЧАТЬ - РАБОТАЮТ ЛЮДИ! »

10. Перед началом работы вблизи работающего агрегата и оборудования (котла) убедись в безопасности и предупреди мастера о своем местонахождении и содержании работы.

Во время работы:

1. Перед установкой или снятием приборов и оборудования необходимо перекрыть импульсные линии с помощью крана или вентиля. Открытые концы металлических трубок должны быть заглушены пробкой, а резиновые - специальными зажимами.

2. Перед осмотром, чисткой и ремонтом приборов, находящихся в эксплуатации, принимать меры, исключающие возможность попадания под напряжение.

3. При выполнении работы нужно быть внимательным, не отвлекаться на посторонние дела и разговоры, не отвлекать других.

4. Работая в бригаде, согласовывать свои действия с действиями других членов бригады.

5. Разборку приборов и оборудования производить последовательно. Открепляя узел, деталь, следить за тем, чтобы не упали сопрягаемые узлы и детали.

6. При работе и ремонте вставать на случайные предметы запрещается.
7. При ремонте на высоте пользоваться только исправными лестницами и стремянками.
8. После каждого ремонта, ревизии газового оборудования, необходимо поверить все соединения на плотность (на утечку газа) с помощью мыльного раствора.
Применять для этого огонь запрещается.
1. Для проверки наличия напряжения пользоваться исправным вольтметром или специальной контрольной лампой, оборудованной в соответствии с требованием правил электробезопасности.
2. Производить чистку, ремонт приборов и оборудования под напряжением запрещается.
3. Щиты и шкафы КИП закрывать на замок.
4. Систематически следить за исправностью манометров и напорометров; не допускать случаев их эксплуатации в неисправном состоянии или с просроченным сроком освидетельствования .
5. Производить какие либо работы под давлением газа, пара , сжатого воздуха и др. (снятия манометров, разъединения импульсов, набивка сальников и др.) запрещается.
6. При продувке газовых импульсных линий резиновую трубку, соединенную с импульсом, вывести из помещения. Продувка импульсов с выбросом газа в помещение запрещается.
- 7 При проверке расходомеров необходимо вначале открыть уравнильный вентиль, а затем закрыть плюсовой и минусовой вентили, чтобы предотвратить выбивание ртути или порыв мембраны в датчике.
- 8 Производить обход или какие либо работы в помещении ГРУ только с разрешения мастера газового участка и с участием выделенного им слесаря. Находиться и работать одному в помещении ГРУ запрещается.
- 9 В целях выявления и устранения неисправности, вызывающих утечку газа, производить не реже раза в смену, проверку на плотность приборов и оборудования производить с помощью мыльного раствора.
- 10 Ежедневно в первую смену совместно со слесарем газового участка производить проверку автоматики безопасности на срабатывание по всем параметрам. Результаты проверки заносить в вахтенный журнал.
- 11 Один раз в 15 дней согласно графика, утвержденного главным инженером завода, в присутствии начальника смены или энергетика цеха производить проверку и настройку автоматики безопасности и блокировки. Результаты проверки заносить в журнал проверяемого цеха.
- 12 При работе в загазованной среде должны применяться молотки и кувалды из цветного металла, а рабочая часть инструмента и приспособлений из черного металла должна обильно смазываться тавотом , солидолом или другой смазкой. Применение электродрели и других инструментов, делающих искрения, запрещается.

13 Промывку деталей керосином, бензином производить на специально оборудованном для этой цели месте с соблюдением правил пожарной безопасности.

14 В течении смены необходимо производить запись в вахтенном журнале обо всех неполадках и выполненных работах с росписью дежурного.

15 Во время смены выполнять только ту работу, которая поручена администрацией, и при условии, что безопасные методы ее выполнения хорошо известны. В сомнительных случаях нужно обращаться к мастеру за разъяснением

По окончании работы:

1. Произвести уборку рабочего места, убрать детали, инструмент и материалы на отведенное для этого место.

2. В аварийной ситуации ремонтный персонал КИПиА уходит после окончания смены только после устранения неисправностей, вызвавших данную ситуацию.

5.2 Мероприятия по охране труда и окружающей среды на предприятии

Охрана окружающей среды на предприятии характеризуется комплексом принятых мер, которые направлены на предупреждение отрицательного воздействия человеческой деятельности предприятия на окружающую природу, что обеспечивает благоприятные и безопасные условия человеческой жизнедеятельности. Учитывая стремительное развитие научно-технического прогресса, перед человечеством встала сложная задача – охрана важнейших составляющих окружающей среды (земля, вода, воздух), подверженных сильнейшему загрязнению техногенными отходами и выбросами, что приводит к окислению почвы и воды, разрушению озонового слоя земли и климатическим изменениям. Промышленная политика всего мира привела к таким необратимым и существенным изменениям в окружающей среде, что этот вопрос (охрана окружающей среды на предприятии) стал общемировой проблемой и принудил государственные аппараты разработать долгосрочную экологическую политику по созданию внутригосударственного контроля за ПДВ.

Основными условиями для улучшения экологии в стране являются:

- рациональное использование, охрана и трата запасов природного резерва, обеспечение безопасности экологии и противорадиационные меры, повышение и формирование экологического мышления у населения, а также контроль над экологией в промышленности. Охрана окружающей среды на предприятии определила ряд мероприятий для снижения уровня загрязнений, вырабатываемого предприятиями:

- Выявление, оценка, постоянный контроль и ограничение выброса вредных элементов в атмосферу, а также создание технологий и техники, охраняющих и сберегающих природу и ее ресурсы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Конвертация медного штейна является окислительной пирометаллургической процедурой обработки жидкого медного штейна с целью получения необработанного сульфида металла или цветного металла. Преобразование осуществляется в конвертере путем продувки расплавленного штейна воздухом или техническим кислородом. Когда струя воздуха проходит через расплав, сульфиды этих металлов наиболее окисляются, для которых их сродство к кислороду больше, чем к сере. В штейнах цветной металлургии таким металлом является железо. Извлеченные жидкие оксиды железа отливаются с кремнеземом, который добавляется в конвертер в виде флюса. Содержание SiO_2 в шлаке составляет 22–32%, остальное - оксиды железа. Конвертерный шлак, имеющий меньшую плотность, чем матовый, всплывает и периодически удаляется из конвертера. В медной промышленности процесс обычно делится на два периода. Первый период заканчивается удалением всего железа из штейна. Оставшийся сульфид меди (белый матовый) окисляется во втором периоде кислородом реакции: $\text{Cu}_2\text{S} + \text{O}_2 = 2\text{Cu} + \text{SO}_2$. Конечный продукт. Преобразование медного штейна - результат - черновая медь. Из теплового баланса можно сделать вывод, что КПД преобразователя (тепло от штейна и шлака) составляет 43,55%. Основным источником потерь тепла являются дымовые газы. Использование отработанных тепловых газов для нагрева пара и воздуха увеличит коэффициент использования тепла до 55-60%. За счет извлечения меди при переработке сырья по предлагаемому способу составляет 75,99%.

В данной дипломной работе была поставлена задача: автоматизировать медеплавильный конвертер; схема; рационально выбрать все устройства в зависимости от их конфигурации, цены и качества; схематично установить устройства на щите; Также были рассмотрены методы и конструкция медно-матового преобразователя, а знания, полученные за годы обучения, были успешно закреплены.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Гронь Д.Н. Компьютерный тренажер для исследования электролиза никеля // Совершенствование методов поиска и разведки, технологии добычи и переработки полезных ископаемых: сборник материалов Межрегиональной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых / сост. В.В. Сувейзда; ГОУ ВПО «ГУЦМиЗ». – Красноярск, 2006. – 289 с.
- 2 Гронь Д.Н., Горенский Б.М. Компьютерный тренажер для имитирования процесса электролитического рафинирования меди // Математические методы и информационные технологии в экономике, социологии и образовании: сборник работ XX Международной научно-технической конференции. – Пенза, 2007.
- 3 Гронь Д.Н., Горенский Б.М. Основы построения тренажеров для исследования процессов электролитического рафинирования меди // Математические методы и информационные технологии в экономике, социологии и образовании: сборник работ XX Международной научно-технической конференции. – Пенза, 2007.
- 4 Грейвер Н.С. Основы металлургии: в 2 т. – М.: Металлургия, 2002. – Т.1.
- 5 Уткин Н.И. Цветная металлургия (технология отрасли): учебник. – М.: Металлургия, 2009.
- 6 Горенский Б.М. Автоматизированные системы имитационного управления объектами цветной металлургии: монография / КГАЦМиЗ. – Красноярск, 2002.
- 7 Горенский Б.М., Годовицкая Т.А., Даныкина Г.Б. Информационные технологии в металлургии: учебное пособие // ГОУ ВПО “Гос. ун-т цвет. металлов и золота”. – Красноярск, 2006.
- 8 Горенский Б.М., Даныкина Г.Б., Кирякова О.В. Новые информационные технологии в управлении металлургическими процессами: лаб. практикум / ГОУ ВПО “Гос. ун-т цвет. металлов и золота”. – 2-е изд., испр. и доп. – Красноярск, 2006.
- 9 Пожидаева С.П. Технология конструкционных материалов: Уч. Пособие для студентов 1 и 2 курса факультета технологии и предпринимательства. Бирск. Госуд. Пед. Ин-т, 2002.
- 10 Технология конструкционных материалов: Учебник для машиностроительных специальностей ВУЗов / А.М. Дольский, И.А. Арутюнова, Т.М. Барсукова и др.; Под ред. А.М. Дольского. – М.: Машиностроение, 2005. – 448с.
- 11 Архипов В. В. Технология металлов и других конструкционных материалов. М.: «Высшая школа», — 2002.
- 12 Ванюков А.В., Уткин Н.И. Комплексная переработка и никелевого сырья. – М.: Металлургия, 2006.
- 13 Воскобойников В. Г. Общая металлургия. М.: — Металлургия, — 2003
- Гуляев А.П. Металловедение. — М.: Металлургия
- 14 Самохоцкий А.И. Технология термической обработки металлов, М., Машгиз 2008.

- 15 Е. Колобова, Л. Проскурина, Н. Рахимова Производственный шум. Нормирование. Методы снижения шума, Оренбург, 2009 г. с. 7-32
- 16 Безопасность и охрана труда в РК LEM (Лем), 2019 г. с. 116-131
- 17 Безопасность и охрана труда в РК LEM (Лем), 2019 г. с. 225-272
- 18 Арустамов Э.А. - безопасность жизнедеятельности. // Электронная версия на сайте <http://ohrana-bgd.narod.ru/bgdps11.html>