

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

Институт цветных металлов и материаловедения  
Кафедра металлургии цветных металлов

УТВЕРЖДАЮ  
Руководитель магистерской  
программы

\_\_\_\_\_ Н.В. Белоусова

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРА

22.04.02.00.02 Металлургия цветных металлов, 22.04.02 Металлургия

Оптимизация технического обслуживания и ремонта промышленного  
оборудования с применением предиктивной системы диагностики

тема

Научный Руководитель	_____	<u>Д.т.н., профессор</u> Должность, ученая степень	<u>В.И. Брагин</u> Инициалы, фамилия
Выпускник	_____		<u>П.Г. Креницин</u> Инициалы, фамилия
Рецензент	_____	<u>Руководитель филиала ООО «ИСО»</u> Должность, ученая степень	<u>Д.И. Мараканов</u> Инициалы, фамилия
Нормоконтролер	_____	<u>Д.х.н., профессор</u> Должность, ученая степень	<u>Н.В. Белоусова</u> Инициалы, фамилия
Консультант по экономическому разделу	_____	<u>К.т.н., доцент</u> Должность, ученая степень	<u>Т.В. Твердохлебова</u> Инициалы, фамилия

Красноярск 2020

## АННОТАЦИЯ

Магистерская диссертация изложена на 91 страниц машинописного текста, включает в себя 34 иллюстрации, 3 таблицы, 14 формул, представляющих математические выводы, список литературы из 54 позиций и приложения на 5 страницах.

Одной из основных проблем с которой сталкиваются современные предприятия, при построении эффективного производства, является недостаточная надежность и сопутствующие ей внеплановые простои оборудования. С целью повышения ключевых показателей эффективности – «КРІ» ПАО «РУСАЛ Братск» - коэффициента ОЕЕ и одного из его составляющих коэффициента готовности оборудования, в настоящей работе предложены основные направления развития существующей системы ТОиР предприятия.

Целью магистерской диссертации является повышение эффективности работы промышленного оборудования за счет сокращения внеплановых простоев.

В настоящей работе проведено исследование возможных способов оптимизации системы технического обслуживания и ремонта оборудования с применением различных методов повышения его надежности. В рамках настоящей работы изучена возможность изменения свойств применяемых материалов, оснащение оборудования приборами контроля его технического состояния, предложены варианты автоматизации процесса анализа полученной при проведении диагностики информации.

Рассмотрены способы повышения качества планирования и проведения ремонтных работ.

Ключевые слова: НАДЕЖНОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ, ПРЕДИКТИВНАЯ ДИАГНОСТИКА, ТОИР, ДЕРЕВЬЯ РЕШЕНИЙ, МЕТОД БАЙЕСА, ДИАГРАММЫ ГАНТА, ВНЕПЛАНОВЫЕ ПРОСТОИ, ОЕЕ.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.1 Основные аспекты теории повышения надежности промышленного оборудования.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.2 Ключевые показатели эффективности работы промышленного предприятия .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.3 Анализ эффективности работы прокаточных печей, как основного оборудования энерготехнологических комплексов.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.4 Система диагностики оборудования цеха производства анодной массы .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.5 Изменения условий эксплуатации оборудования, повлекшие сокращение сроков службы узлов и агрегатов .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.6 Проблемы существующей системы диагностики оборудования .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.7 Выводы по главе 2 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2 Предиктивная стратегия обслуживания оборудования промышленного предприятия .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1 Виды стратегий обслуживания оборудования на промышленных предприятиях.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2 Предиктивная система диагностики и обслуживания промышленного оборудования .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3 Оснащение промышленного оборудования приборами диагностики состояния подшипниковых узлов.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.4 Развитие возможностей технической диагностики оборудования .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.5 Преимущества и недостатки предиктивной системы диагностики.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.6 Выводы по главе 2 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3 Исследование методов оценки надежности оборудования, определение возможности их применения в условиях реальной эксплуатации оборудования.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

3.1 Сравнительный анализ как метод оценки надежности оборудования .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2 Прогнозирование технического состояния оборудования по методу Байеса .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3 Инструмент машинного обучения – деревья решений.	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.4 Построение дерева решений в программе Precision tree ...	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.5 Преимущества и недостатки деревьев решений в анализе дефектов оборудования .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.6 Выводы по главе 3 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4 Качественное планирование ремонтных работ на основе данных о техническом состоянии оборудования и обеспечение необходимой нормативно - технической документацией .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1 Исторические сведения происхождения диаграммы Ганта (Gantt Charts) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2 Принцип работы диаграммы Ганта (Gantt Charts) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.3 Построение диаграммы Ганта в программе SPIDER PROGECT на примере проекта «ремонт прокаточной печи» .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.4 Документальное обеспечение ремонтных работ с целью качественного выполнения операций .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.5 Выводы по главе 4 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5 Обзор готовых технических решений для внедрения системы предиктивной диагностики на промышленном предприятии .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.1 Комплексные системы управления производственными активами ....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.2 Обзор инструментов для внедрения предиктивной системы обслуживания оборудования .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.2.1 Система мониторинга состояния оборудования от компании IBM ...	<b>Error! Bookmark not defined.</b>


5.2.2 Программно - технический комплекс предиктивной аналитики «ПРАНА» компании Rotec .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5.3 Выводы по главе 5 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6 Оценка эффективности предложений по внедрению системы предиктивного обслуживания оборудования .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.1 Выводы по главе 6 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
ПРИЛОЖЕНИЕ Б .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
ПРИЛОЖЕНИЕ В .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

[изъято 99 страниц]



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

Институт цветных металлов и материаловедения  
Кафедра металлургии цветных металлов

УТВЕРЖДАЮ  
Руководитель магистерской  
программы  
 Н.В. Белоусова  
« 07 » 07 2020 г

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРА

22.04.02.00.02 Металлургия цветных металлов, 22.04.02 Металлургия

Оптимизация технического обслуживания и ремонта промышленного  
оборудования с применением предиктивной системы диагностики  
тема

Научный  
Руководитель

 07.07.20  
подпись, дата

Д.т.н., профессор  
Должность, ученая  
степень

В.И. Брагин  
Инициалы, фамилия

Выпускник

 07.07.2020 г.  
подпись, дата

П.Г. Криницин  
Инициалы, фамилия

Рецензент

 07.07.20.  
подпись, дата

Руководитель  
филиала ООО  
«ИСО»  
Должность, ученая  
степень

Д.И. Мараканов  
Инициалы, фамилия

Нормоконтролер

 07.07.20  
подпись, дата

Д.х.н., профессор  
Должность, ученая  
степень

Н.В. Белоусова  
Инициалы, фамилия

Консультант по  
экономическому  
разделу

 07.07.2020  
подпись, дата

К.т.н., доцент  
Должность, ученая  
степень

Т.В.  
Твердохлебова  
Инициалы, фамилия

Красноярск 2020