

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт инженерной и экологической безопасности

(наименование института полностью)

«Департамент бакалавриата»

(наименование)

20.03.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Безопасность технологических процессов и производств

(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Обеспечение промышленной безопасности на опасном
производственном объекте металлургического цеха в ЗФ ПАО "ГМК
"Норильский никель"

Студент

А.А. Шуб

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.и.н., О.Г. Нурова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультант

Т.Ю. Фрезе

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

Аннотация

Тема бакалаврской работы «Обеспечение промышленной безопасности на опасном производственном объекте металлургического цеха в ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель»».

В первом разделе дана краткая характеристика ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель»».

В технологическом разделе описан процесс получения меди на Медном заводе, технологический процесс и оборудование цеха электролиза меди. Приведена статистика несчастных случаев в цехе.

В разделе «Анализ безопасности объекта» приведены показатели условий труда в цехе электролиза меди, статистические данные о структуре заболеваемости работников электролизного цеха.

В разделе «Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности» проанализировано изменение условий труда в результате реконструкции цеха электролиза меди проведен расчет эффективности мероприятий по охране труда, санитарно-гигиенической эффективности мероприятий по охране труда, показатели экономической эффективности мероприятий по охране труда.

В разделе «Охрана труда», описана процедура подготовки по оказанию первой помощи, пострадавшим на производстве.

В разделе «Защита в ЧС и аварийных ситуациях», проанализированы возможные аварийные ситуации.

Объем работы составляет: 74 страницы, 14 рисунков, 15 таблиц.

Содержание

Введение.....	5
1 Характеристика производственного объекта.....	6
1.1 Характеристика предприятия ПАО «ГМК «Норильский никель». Технологическая схема производства меди на Медном заводе.....	6
1.2 Характеристика электролизного цеха.....	11
2 Анализ безопасности объекта с точки зрения промышленной, пожарной безопасности и охраны труда.....	167
2.1 Промышленная и пожарная безопасность цеха.....	167
2.2 Опасные и вредные производственные факторы	16
2.3 Анализ реконструкции в цехе электролиза меди на безопасность труда	22
3 Выработка рекомендаций по обеспечению промышленной безопасности в цехе электролиза меди	29
4 Охрана труда.....	30
4.1 Анализ травматизма в цехе электролиза меди.....	30
4.2 План мероприятий по улучшению условий труда. Процедура проведения инструктажей по охране труда	32
5 Охрана окружающей среды	34
5.1 Характеристика выбросов.....	34
5.2 Характеристика отходов.....	35
5.3 Характеристика сточных вод.....	38
5.4 Оценка экологического состояния территории	38
5.5 Программа производственного экологического контроля.....	39
6 Защита в чрезвычайных и аварийных ситуациях	39
7 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.....	45
7.1 Социальная эффективность мероприятий по охране труда	45
7.2 Санитарно-гигиеническая эффективность мероприятий по охране труда	50

7.3 Экономическая эффективности эффективность мероприятий по охране труда.....	52
Заключение	59
Список используемых источников.....	61
Приложение А Технологическая система размещения оборудования.....	67
Приложение Б Техническая карта выполнения работ	68
Приложение В Анализ опасных и вредных производственных факторов на рабочих местах металлургического цех	70
Приложение Г Анализ производственного травматизма в организации	71
Приложение Д Предлагаемые изменения.....	72
Приложение Е Структура системы управления охраной труда.....	73
Приложение Ж Анализ антропогенной нагрузки организации на окружающую среду	74
Приложение И План мероприятий по предупреждению (ликвидации последствий) аварийных ситуаций.....	75
Приложение К Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности	76

Перечень сокращений и обозначений

ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель» - Заполярный филиал
Публичное акционерное общество «Горно-металлургическая компания
«Норильский никель».

ЦЭМ – цех электролиза меди (цех электролитического рафинирования
меди)

ЭУ – электролизные участки

СОУТ – специальная оценка условий труда

ПДКс.с – среднесуточная предельно-допустимая концентрация

ПДКс.с –максимально-разовая предельно-допустимая концентрация

ПЛА – план ликвидации аварии

Введение

В настоящее время повышение безопасности и улучшение условий труда являются наиболее важными задачами на предприятии.

Неудовлетворительные условия труда на предприятии приводят к профессиональным заболеваниям и производственному травматизму.

Производство меди относится связано с вредными условиями труда, способствующими развитию хронических заболеваний.

Основные факторы риска для рабочих, занятых в получении рафинированной меди: аэрозоли серной кислоты, соединений меди и никеля, арсенид водорода, повышенная влажность из-за испарения электролита, физические перегрузки, шум, магнитные поля вибрация.

В последние десятилетия внедряется новое оборудование с автоматизированным управлением технологических операций получения рафинированной меди. Поэтому важным является анализ снижения напряженности и тяжести труда рабочих на участках после внедрения этого оборудования.

Особенности технологических процессов в цветной металлургии не позволяют исключить полностью вредное воздействие производственных факторов на организм работников, поэтому важным является анализ опасных и вредных факторов в цехе.

Объект исследования – Медный завод Заполярного филиала ПАО «ГМК «Норильский никель».

Предмет исследования – обеспечение промышленной безопасности на опасном производственном объекте металлургического цеха в ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель», цехе электролиза меди.

Цель данной работы – анализ и разработка рекомендаций по обеспечению промышленной безопасности на опасном производственном объекте металлургического цеха в ЗФ ПАО "ГМК "Норильский никель".

Задачи – рассчитать показатели социальной, санитарно-гигиенической, экономической эффективности мероприятий по охране труда.

1 Характеристика производственного объекта

1.1 Характеристика предприятия ПАО «ГМК «Норильский никель»». Технологическая схема производства меди на Медном заводе

ПАО «ГМК «Норильский никель» является одной из крупнейших в мире компаний, связанных с производством тяжелых металлов (меди, никеля, кобальта) и металлов платиновой группы.

ПАО «ГМК «Норильский никель» объединяет предприятия по переработке сульфидных медно-никелевых руд и концентратов драгоценных металлов: АО «Комбинат Североникель», АО «ГМК Печенганикель», Заполярный филиал, Красноярский завод по обработке цветных металлов.

На Талнахской обогатительной фабрике в результате переработки медно-никелевой руды получают медный, никелевый, медно-никелевый, пирротинный концентрат.

Технологическая схема на Медном заводе Заполярного Филиала включает переработку медного концентрата: плавку на штейн, конвертирование, рафинирование черновой меди, электролитическое рафинирование (рисунок 1.1).

Медный концентрат подготавливают к плавке. К подготовительным операциям относятся операции: сгущение, фильтрация, сушка.

Сгущение – операция, которая проводится для повышения концентрации твердого компонента в пульпе.

Сушка проводится для снижения влажности до допустимого значения при плавке в печи Ванюкова (10 %).

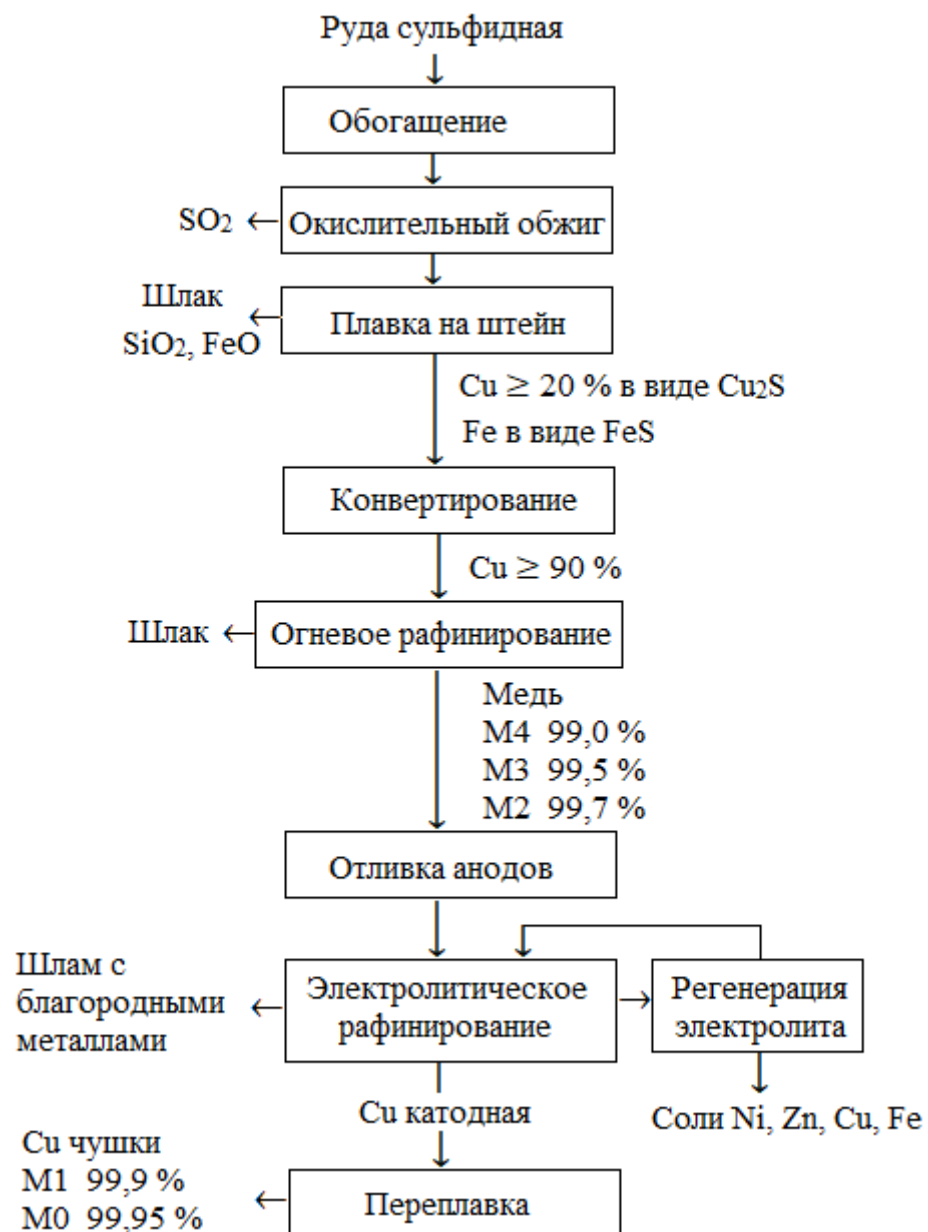


Рисунок 1.1 – Технологическая схема получения меди на Медном заводе

При плавке шихты образуются штейн, шлак, газы содержащие оксиды серы. Газы подвергают газоочистке в сушильном цехе. Очищенный газ направляется на производство товарной серы. Частично газ, содержащий оксиды серы, попадает в атмосферу.

Штейн содержит сульфиды цветных металлов (Cu_2S , Ni_3S_2 , CoS), сульфид и оксиды железа. Никеля и меди в штейне, поступающем на

конвертирование, до 65%. Процесс проводится в конвертере Пирса-Смитта [10] и включает два периода: окислительную плавку и образование черновой меди.

В ходе окислительной плавки железо переходит в конвертерный шлак, медь – в белый матт. Во втором этапе конвертирования образуется черновая медь. Состав черновой меди, %: 96 Cu; 1–1,5 Pb; 0,2–0,3 Zn; 0,9–1,2 As; 0,05–0,2 Sb; 0,07–0,3 S; 0,5–0,8 O₂, 3,0–3,5 кг/т Ag и 30–50 г/т Au.

Черновую медь направляют на огневое рафинирование в анодных печах. Огневое рафинирование проводят для уменьшения примесей никеля, кислорода и серы. Продукт огневого рафинирования в анодных печах – мндные аноды.

Аноды содержат 99,2% меди, 0,5% никеля, драгоценные металлы [10].

Медные аноды поступают на электролитическое рафинирование в цех электролиза меди.

Электролитическое рафинирование меди – процесс электролиза раствора сульфата меди. Продукт этой технологической операции – катодная медь марок М1к, М0к и М00к. В шлак переходят селен, теллур, золото, серебро, металлы платиновой группы.

Процесс электролиза анодной меди осуществляется в водном растворе серной кислоты и сульфата меди с использованием тонких катодных основ из электролитной меди, титана или нержавеющей стали. Нержавеющие или титановые матрицы, на которых происходит наращивания медного осадка, являются катодными основами многоразового использования. Аноды и катоды помещают в электролизные ванны, располагая электроды в ваннах вертикально, параллельно друг другу. Все аноды соединяются с положительным, а катоды – с отрицательным полюсом источника постоянного тока. При включении ванн в сеть постоянного тока происходит электрохимическое растворение путем электролиза меди из анода в электролит, перенос катионов через электролит и осаждение ее на катоде.

Примеси при этом в основном распределяются между шламом (твердым осадком на дне ванн) и электролитом.

Процесс электролитического рафинирования анодной меди включает следующие стадии (рисунок 1.2):

- подготовка катодных матриц, ремонт (подготовка производства);
- загрузка серий;
- выгрузка катодной меди;
- выгрузка анодных остатков;
- чистка ванн;
- обслуживание электролизных ванн в процессе электролиза;
- корректировка, циркуляция, фильтрация электролита;
- приготовление и введение в электролит поверхностно-активных веществ.

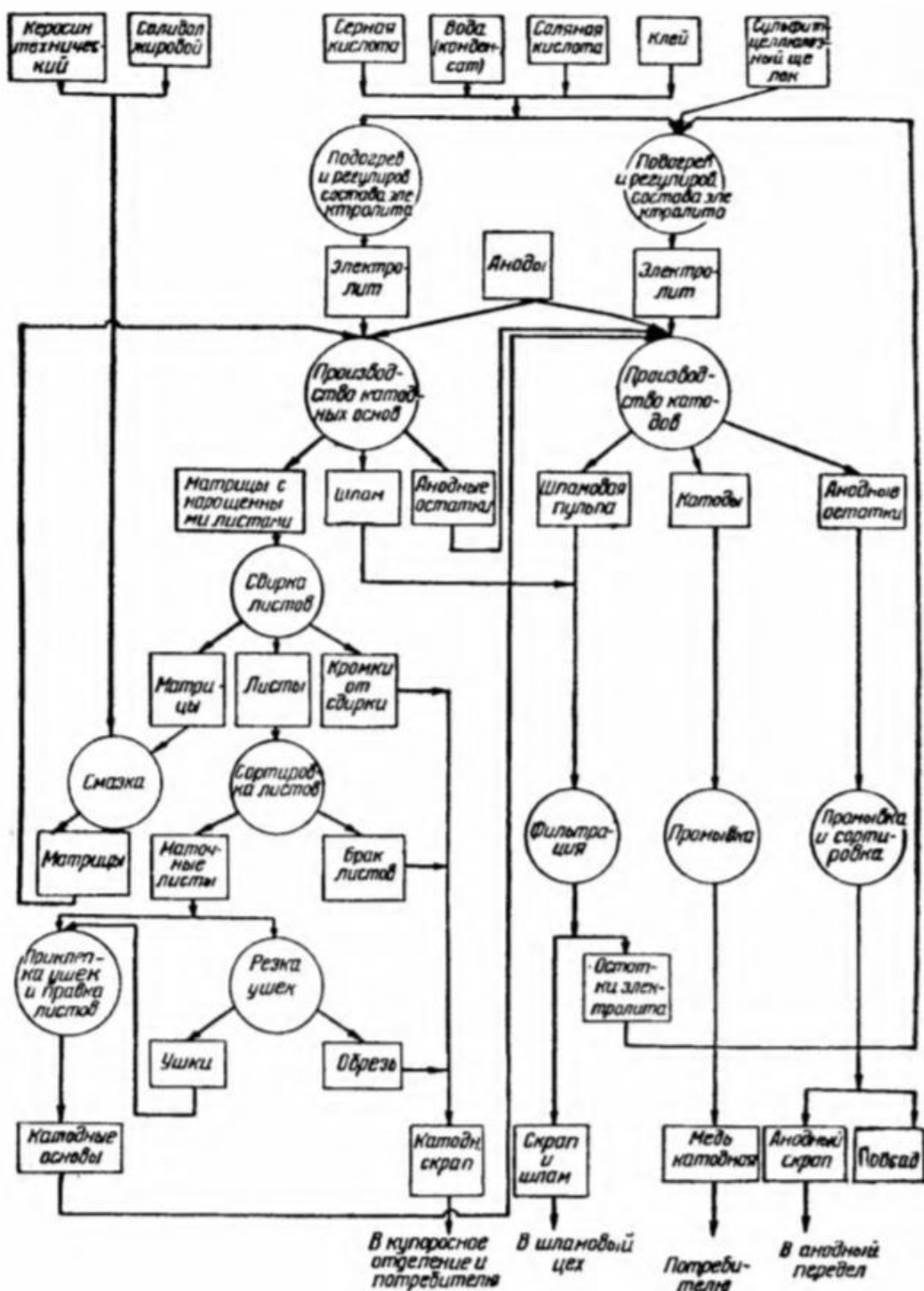


Рисунок 1.2 – Схема электролитического рафинирования меди

Эта стадия позволяет получить высококачественную электротехническую медь, однако имеет два существенных недостатка –

большой расход электроэнергии и образование кислых сточных вод, которые необходимо нейтрализовать или дополнительно перерабатывать.

1.2 Характеристика электролизного цеха

В состав промышленной площадки Медного завода входят электролизные участки (ЭУ).

На участке электрорафинирования меди расположено 44 ванны. Электролитные ванны объединяются в одном блоке – баке, изготовленном из кислотоупорного бетона.

Число анодов в ванне составляет 18 и 19 катодов. Аноды и катоды в ванне располагают поочередно [10].

В качестве катодов навешивают медные основы. Основа представляет собой комплект из тонкого медного листа весом около 3 кг и толщиной 1 мм. Производство основ осуществляется на линии автоматизированной сборки основ (ЛАСО), расположенной на участке приготовления основ (рисунок 1.3).

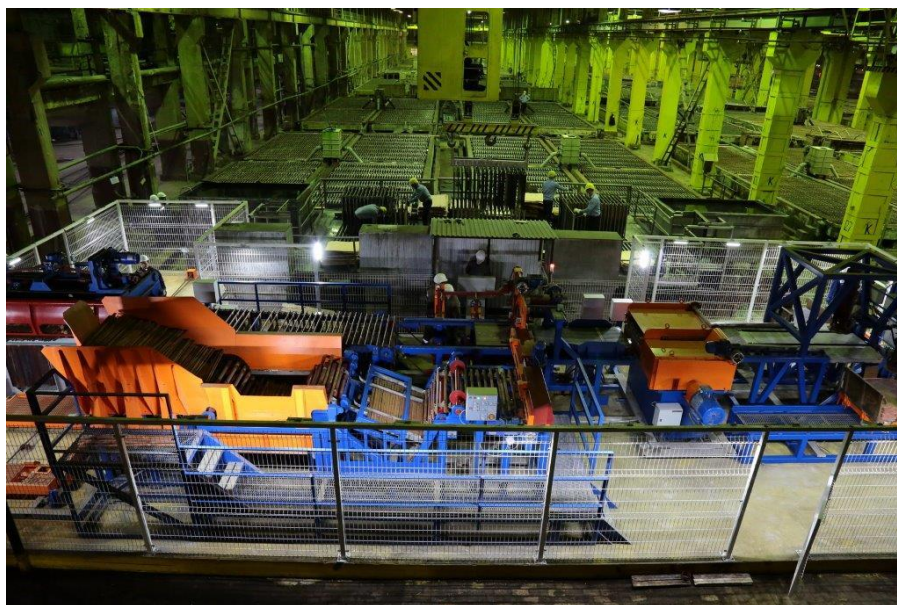


Рисунок 1.3 – Линия автоматизированной сборки основ (ЛАСО)

Для подготовки анодов установлена машина промывки анодных остатков (рисунок 1.4). Аноды поступают в электролизное отделение на специальных вагонетках в виде пакетов без упаковки.



Рисунок 1.4 – Машина промывки анодных остатков

Для временного хранения анодов и катодов предусмотрены стеллажи. Электроды с вагонеток с помощью крана разгружают пакетами в стеллажи. На стеллажах аноды вручную устанавливают на фиксированном расстоянии, которое обеспечивается конструкцией стеллажа.

Установку и выемку анодов и катодов в ванны проводят с помощью мостового крана с применением приспособления для захвата катодов – «бороны» (рисунок 1.5).



Рисунок 1.5 – Загрузка электролизных ванн в цехе электролиза меди на Медном заводе ПАО «ГМК «Норильский никель»

Для нормального ведения процесса электролиза меди необходимы циркуляция и подогрев электролита. Электролит поступает из напорных баков-нагревателей раствора самотеком и по трубопроводам распределяется в электролитные ванны. Электролит сливается из ванн и по системе желобов и трубопроводов поступает самотеком в сборные баки, откуда насосами из кислотостойкой стали закачивается в напорные баки-нагреватели. Раствор нагревают до температуры 50–60 °С с помощью пара, который подается в змеевик, установленный на циркуляционном баке. Скорость циркуляции раствора 20–30 дм³/мин. Циркуляция раствора в ванне снизу вверх не дает расслаиваться электролиту, что позволяет получить катодный осадок требуемого качества [10].

Питание ванн электролитом отдельное от разводящих трубопроводов. Схема питания ванн электролитом приведена на рисунке 1.6.

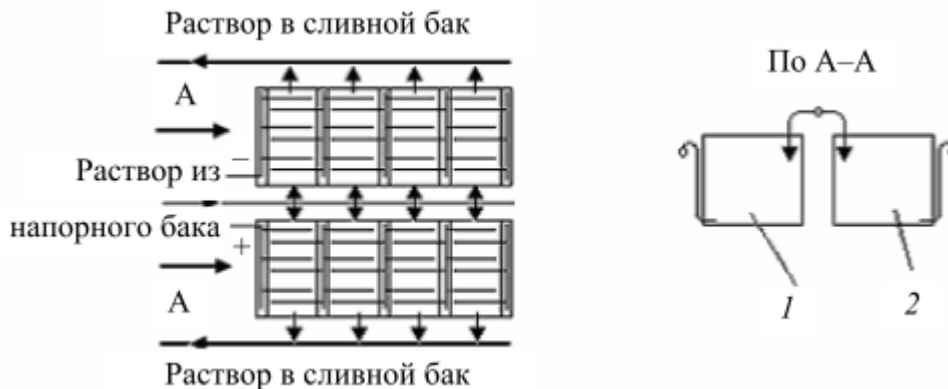


Рисунок 1.6 – Схема питания ванн электролитом

Система подготовки электролита включает дозирование реагентов и фильтрацию раствора через нутч-фильтр. Растворение анодов происходит в течение 22-30 дней, а наращивание катодов – от 6 до 15 дней. Из одной партии анодов образуется в 2-4 раза большее число катодов.

Матрицы с катодным осадком транспортируют в промывочную камеру (рисунок 1.7), где их промывают от остатков электролита и воска с кромок матриц.



Рисунок 1.7 – Машина для промывки катодов

После промывки матрицы направляют на узел сдирки. Узел сдирки предназначен для отделения медных осадков от матрицы (рисунок 1.8).



Рисунок 1.8 – Катодосдирочная машина

Следующая операция – формирование стоп катодов – проводится на стрип-машинах. Стопы взвешивают и направляют на упаковку на прессе и

обязочном устройстве стрип-машины. Пакеты катодов вывозят из отделения железнодорожным или автомобильным транспортом.

Осевший на аноде шлам создает дополнительное сопротивление току, замедляет диффузию и этим увеличивает анодный потенциал. Накапливающийся в ваннах шлам не реже 1 раза в 2 месяца удаляют.

Чистку ванн от шлама производят с помощью вакуумной системы, которая представляет собой разводку трубопроводов от серии ванн к баку-сборнику, работающему под разрежением, создаваемым вакуум-насосом. На случай аварийных утечек раствора и пульпы бак-сборник установлен на нержавеющей поддоне. Осветленный электролит по растворо-проводу возвращается в бак-сборник электролита, а отделенный от жидкости шлам поступает на переработку в шламовое отделение для извлечения благородных и других металлов.

Управление электролизными ваннами осуществляется с помощью автоматизированной системы оперативно-диспетчерского управления (АСОДУ МЗ). Объекты контроля и регулирования: расход пара на подогрев электролита в калориферах; температура электролита в электролизных ваннах; дозирование поверхностно-активных веществ (ПАВ); уровень электролита в сборниках чистого и грязного электролита; электропотребление.

2 Анализ безопасности объекта с точки зрения промышленной, пожарной безопасности и охраны труда

2.1 Промышленная и пожарная безопасность цеха

Степень огнестойкости здания – II, категория пожарной безопасности – Д. Для технологического процесса характерны выделения вредных аэрозолей. По санитарным нормам отделение относится к группе IIIа.

Основными электроприемниками цеха электрорафинирования являются: печи, электролизные ванны, подъемно-передвижные механизмы, система вентиляции.

Электролизные установки должны снабжаться электрической энергией, как приемники II категории. Коэффициент мощности электролизных установок составляет 0,85–0,9. Особенностью электролизного процесса является необходимость поддержания постоянства выпрямленного тока. Постоянство выпрямленного тока поддерживается с помощью выпрямителей, в которых ток промышленной частоты напряжением 6–35 кВ при помощи кремниевых выпрямителей преобразуется в постоянный ток необходимого по технологическим условиям напряжения (до 825 В).

Условия среды – химически активные вещества, технологическая пыль, локальное воздействие высоких температур.

2.2 Опасные и вредные производственные факторы

Производство катодной меди характеризуется применением технологического оборудования с протеканием гидрometаллургических и электрохимических процессов, сопровождающихся опасными и вредными производственными факторами. По совокупности факторов, оказывающих влияние на здоровье обслуживающего персонала, отделение относится к производству с вредными условиями труда. Характерными источниками

опасности в производстве катодной меди являются физические, химические, психофизиологические потенциально опасные и вредные факторы:

- возможность травмирования при проведении погрузочно-разгрузочных работ, от вращающихся механизмов производственного оборудования, от падения предметов;

- сквозняки (в момент открывания ворот);

- поражающее воздействие повышенных концентраций вредных веществ, содержащихся в процессе ведения технологической операции и действующих на обслуживающий персонал через дыхательные пути, пищеварительную систему, кожный покров;

- повышенная температура воздуха в рабочей зоне ведения процесса электролиза;

- возможность получения термического и химического ожога от контакта с горячими растворами, шламом, серной кислотой, паром;

- воздействие электрического тока при обслуживании электропотребляющего оборудования (вследствие нарушения изоляции электропроводки и неисправности электрооборудования). По опасности поражения электрическим током цех электролитического рафинирования меди относится к классу помещений с повышенной опасностью. В технологическом процессе используется постоянный электрический ток, являющийся источником опасности для обслуживающего персонала;

- магнитное поле;

- шум;

- вибрация;

- опасность возникновения пожара от повышенной температуры окружающей среды, предметов, от загрязнения оборудования маслом и горючей пылью, от токов короткого замыкания, от несоответствия требованиям к соединению жил проводов и кабелей, от неисправностей в электросетях и электроустановках;

- тяжелая физическая нагрузка;
- повышенные физические нагрузки, утомляемость.

Хотя значительное количество операций автоматизировано, полностью ручной труд не устранен (рисунок 2.1), остаются ручные операции, не исключен контакт с горячими и химически-опасными растворами.



Рисунок 2.1 – Ручные операции в электролизном цехе

Показатели условий труда и профессионального риска на участке электролиза меди приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Показатели условий труда и профессионального риска на участке электролиза меди

Рабочее место или операция технического процесса	Наименование оборудования	Наименование опасного фактора	Единица измерения	Величина опасного фактора	Норматив
Площадка электролиза	Электролизная ванна	Аэрозоль соединений никеля	мг /м ³	0,009	0,005
		меди	мг /м ³	0,180	0,5-1
		серной кислоты	мг /м ³	1,020	1
		мышьяка	мг /м ³	0,005	20
		Тепловые излучения	Вт/м ²	400	350
		Шум	дБА	81	80
Узел газоочистки	Вытяжные вентиляторы	Шум	дБА	83	80

Микроклимат электролизного цеха имеет выраженный нагревающий тело человека характер, за счет теплоизлучения обусловленного большой открытой поверхностью электролитных растворов, нагретых до 70 °С.

Температура воздуха в этих в производственных помещениях цехов достигает 30–35 °С (особенно в теплый период года), а относительная влажность – до 90 % [4].

Предельно-допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны приведены в таблице (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Предельно-допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Вредные вещества	ПДК, мг/м ³	Класс опасности
Никель	0,05	1
Свинец	0,01	1
Мышьяк	0,5	1
Пыль	2,0	4
Оксид углерода	20	2
Диоксид селена	0,1	1
Медь и ее соли	1	2
Арсин	0,1	1
Серная кислота	1	2

В таблице 2.2 перечислены вредные вещества в воздухе рабочей зоны в цехе электролиза меди. Наибольшую опасность для здоровья работающих представляют аэрозоли серной кислоты и сульфатов никеля и меди.

Присутствие этих аэрозолей связано с испарениями электролита.

Опасность представляет и арсин, который образуется при электрохимической очистки электролита от меди в ваннах регенерации.

Соединения никеля обладают выраженным аллергическим, токсическим, раздражающим и канцерогенным действием. Фоновое загрязнение воздуха рабочей зоны вызывает хроническую интоксикацию, что приводит к отеку тканей и возникновению злокачественных новообразований.

Соединения меди, вступая в реакцию с белками тканей, оказывают раздражающее действие на слизистые оболочки верхних дыхательных путей и желудочно-кишечный тракт. При попадании соединения меди внутрь организма в течение длительного периода наблюдается нарушение функций почек и печени, а также функциональные расстройства нервной системы. До 90 % попавшей в организм меди в виде ее соединений откладывается в печени. В процессе электролиза в электролите накапливается сульфат меди, при попадании в желудок он вызывает тошноту, рвоту, боли. У рабочих, руки которых постоянно соприкасаются с раствором медного купороса, может наблюдаться разрыхление кожи на руках, появление хронических гнойничков около ногтей и язв.

Сернистый ангидрид (SO_2) бесцветный газ с резким запахом, хорошо растворимый в воде, образуется при переработке обогащенных сульфидных руд. Сернистый ангидрид – ядовитое вещество, при вдыхании в малых концентрациях вызывает ощущение неприятного привкуса во рту и раздражает слизистые оболочки дыхательных путей. При вдыхании воздуха, содержащего большую концентрацию диоксида серы, появляется хрипота, одышка и быстрая потеря сознания. Сернистый ангидрид вызывает воспаление дыхательных путей, ухудшает обоняние, понижает вкусовое восприятие, разрушает зубы.

В 2010-2013 гг были опубликованы статьи с анализом результатов периодических медицинских осмотров рабочих, занятых в электролитическом рафинировании и анализ гендерных особенностей патологий работников [4, 5].

Структура заболеваний приведена на диаграмме (рисунок 2.2).

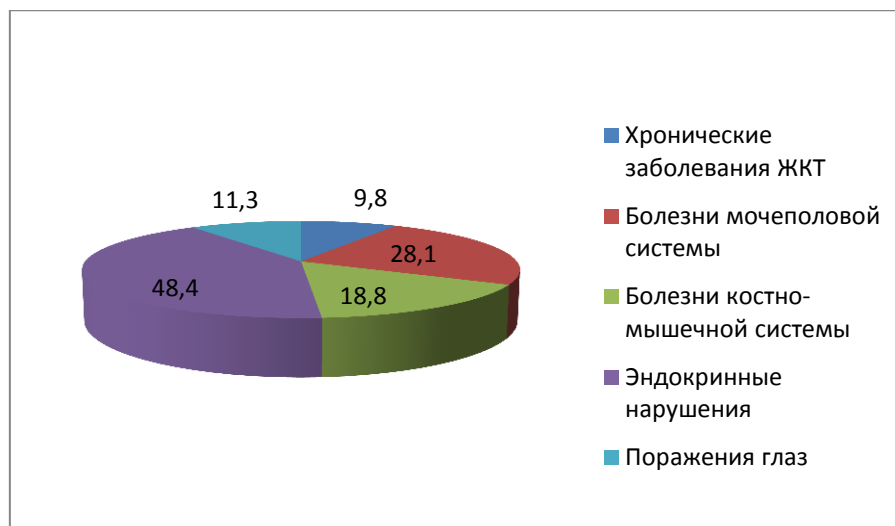


Рисунок 2.2 – Структура заболеваний в цехе электролиза меди

Из диаграммы видно, что основные заболевания связаны с эндокринными нарушениями, болезнями мочеполовой и костно-мышечной системы, заболеваниями желудочно-кишечного тракта и поражениями глаз.

К недугам, связанным с условиями труда, относятся заболевания желудочно-кишечного тракта (гастрит, язвенная болезнь, холецистит и др.) и глазные болезни (миопия, астигматизм).

Желудочно-кишечные патологии развиваются из-за раздражающего действия на слизистую желудка аэрозоли серной кислоты.

Миопия и астигматизм формируются из-за аэрозоли серной кислоты и мелкодисперсной пыли, которые вызывают раздражение слизистых, сужение кровеносных сосудов и поражение связочного аппарата [4].

По результатам медицинской статистики было констатировано большой процент заболеваний с временной утратой работоспособности среди женщин в общей структуре заболеваний, выявленных в результате медицинских осмотров [4].

2.3 Анализ реконструкции в цехе рафинирования меди на безопасность труда

В последнее время значительно улучшились условия труда на различных операциях получения черновой и рафинированной меди, что связано с внедрением нового оборудования и автоматизацией производства.

Сравнительная характеристика оборудования до и после реконструкции цеха приведена в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Сравнительная характеристика оборудования до и после реконструкции

Участок/Оборудование до реконструкции	Операция/Оборудование после реконструкции	Эффект внедрения оборудования
Мостовой кран	Мостовой кран с герметичной кабиной, оснащенный кондиционером	Исключена ручная операция подгонки расположения электродов в ванне. Облегчен труд крановщика и электролизников
Две гидравлические установки сборки основ	Автоматизированная линия сборки основ ЛАСО	Отсутствие гидравлической системы повышает пожаробезопасность, снижает уровень травматизма и загрязнения окружающей среды. Технические решения по ограждению, освещению (энергосберегающие светильники), блокираторы рабочих механизмов исключают риски травматизма
Линия подготовки анодов	Автоматизированная линия подготовки анодов	Исключается ручной труд
Механическая катодосдирочная машина	Роботизированная катодосдирочная машина	Роботизированная сдирочная машина спроектирована с учетом непрерывной работы без вмешательства ручного труда
Машина промывки анодных остатков	Машина промывки анодных остатков	Операции автоматизированы и управляются с пульта
Машина для промывки катодов	Машина для промывки катодов	
	Стрип-машина для формирования стоп катодов	Исключается ручной труд

Изменились условия труда крановщиков, поскольку современные краны оснащены герметичными кабинами.

Благодаря новым технологическим кранам облегчился труд электролизников, поскольку ручная подгонка расположения кассет электродов в ваннах заменяется на кассетную загрузку электродов в автоматическом режиме.

Машина подготовки анодов, машина сдирки и машина промывки анодных остатков автоматизированы, что позволяет уменьшить число тяжелых ручных операций.

Автоматизированные системы и комплексы объединены в общую автоматизированную систему управления технологическим процессом.

Современные системы воздухоочистки от бункеров загрузки ПАВ, от машины подготовки анодов, от ванн для электролиза и регенерации электролита, баковой аппаратуры позволяют уменьшить содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны и улучшить условия труда работников цеха: электролизник водных растворов, машинист крана, шламовщик электролизных ванн, катодчик, обработчик матричных листов.

В соответствии с Федеральным законом от 28 декабря 2013 г. № 426-ФЗ с 1 января 2014 года введена специальная оценка условий труда (СОУТ) [2]. Цель оценки – обеспечить безопасность жизни и здоровья работников в процессе их трудовой деятельности, реализацию прав работников на рабочие места, которые соответствуют государственным нормативным требованиям охраны труда.

При проведении специальной оценки условий труда исследованиям подлежат физические, химические, биологические факторы, тяжесть и напряженность трудового процесса.

В Федеральном законе классы условий труда определены через понимание влияния на здоровье человека условий труда.

Условия труда подразделяют на 4 класса: оптимальные, допустимые, вредные и опасные. Оптимальные условия труда (1-й класс) – условия, при

которых сохраняется здоровье работающих и создаются предпосылки для поддержания высокого уровня работоспособности. Оптимальные нормативы производственных факторов установлены для микроклиматических параметров и факторов трудового процесса. Для др. факторов условно за оптимальные принимаются такие условия труда, при которых неблагоприятные факторы отсутствуют либо не превышают уровней, принятых в качестве безопасных для населения. Допустимые условия труда (2-й класс) характеризуются такими уровнями и факторами среды и трудового процесса, которые не превышают установленных гигиенических нормативов для рабочих мест, а возможные изменения функционального состояния организма восстанавливаются во время регламентированного отдыха или к началу следующей смены и не должны оказывать неблагоприятного воздействия в ближайшем и отдаленном периоде на состояние здоровья работающих и их потомство. Допустимые условия труда условно относят к безопасным.

Вредные условия труда (3-й класс) характеризуются наличием вредных производственных факторов, превышающих гигиенические нормативы и оказывающих неблагоприятное воздействие на организм работающего и (или) его потомство. Вредные условия труда по степени превышения гигиенических нормативов и выраженности изменений в организме работающих подразделяются на 4 степени вредности: 1-я степень 3-го класса (3.1) – условия труда характеризуются такими отклонениями уровней вредных факторов от гигиенических нормативов, которые вызывают функциональные изменения, которые приходят в порядок, как правило, при более длительном (чем к началу следующей смены) прерывании контакта с вредными факторами и увеличивают риск повреждения здоровья.

2-я степень 3-го класса (3.2) – условия труда, при которых уровни вредных факторов вызывают стойкие функциональные изменения, приводят в большинстве случаев к увеличению производству обусловленной заболеваемости (что проявляется повышением уровня заболеваемости с

временной утратой трудоспособности и в первую очередь теми болезнями, которые отражают состояние наиболее уязвимых органов и систем для данных вредных факторов), к появлению начальных признаков или легких (без потери профессиональной трудоспособности) форм профессиональных заболеваний, возникающих после продолжительной экспозиции (часто после 15 лет и более).

3-я степень 3-го класса (3.3) – условия труда, характеризующиеся такими уровнями вредных факторов, воздействие которых приводит к развитию, как правило, профессиональных заболеваний легкой и средней степеней тяжести (с потерей профессиональной трудоспособности) в периоде трудовой деятельности, росту хронической (обусловленной производством) патологии, включая повышенные уровни заболеваемости с временной утратой трудоспособности.

4-я степень 3-го класса (3.4) – условия труда, при которых могут возникать тяжелые формы профессиональных заболеваний (с потерей общей трудоспособности), отмечаются значительный рост числа хронических заболеваний и высокие уровни заболеваемости с временной утратой трудоспособности.

Опасные (экстремальные) условия труда (4-й класс) характеризуются уровнями производственных факторов, воздействие которых в течение рабочей смены (или ее части) создает угрозу для жизни, высокий риск развития острых профессиональных поражений, в т.ч. в тяжелых формах [2].

В работе [9] приведены результаты гигиенических исследований и оценке профессионального риска для здоровья работников, занятых производством катодной меди до и после внедрения нового оборудования.

Изменение химического риска для различных профессий до и после внедрения оборудования приведено в таблице 2.4.

Гигиеническая оценка микроклимата для различных профессий до и после внедрения оборудования приведена в таблице 2.5.

Таблица 2.4 – Изменение химического риска для различных профессий до и после внедрения оборудования

Профессия	Класс условий до реконструкции	Класс условий после реконструкции
электролизник водных растворов	3.3	3.3
шламовщик	3.3	3.3
машинист крана	3.3	3.3
катодчик	3.2	3.2
обработчик матричных листов	3.2	3.2

Таблица 2.5 – Гигиеническая оценка микроклимата для различных профессий до и после внедрения оборудования

Профессия	Класс условий до реконструкции	Класс условий после реконструкции
электролизник водных растворов	3.4	3.3
шламовщик	3.4	3.3
машинист крана	3.3	2
катодчик	3.2	2
обработчик матричных листов	3.2	2

Таким образом, исследования [9] доказывают улучшение условий труда и снижение риска в результате внедрения нового оборудования.

На рабочих местах – электролизник, машинист крана, шламовщик, катодчик, обработчик матричных листов – существует профессиональный риск для здоровья от воздействия производственного шума.

Оценка риска для здоровья от воздействия производственного шума приведена в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Оценка риска для здоровья от воздействия производственного шума

Профессия	Класс условий до реконструкции	Класс условий после реконструкции
электролизник водных растворов	3.3	3.1
шламовщик	3.3	3.2
машинист крана	3.3	3.2
катодчик	3.3	3.2
обработчик матричных листов	3.3	3.2

За счет оборудования нового поколения воздействие шума снижается [9, 2].

3 Выработка рекомендаций по обеспечению промышленной безопасности в цехе электролиза меди

Несмотря на внедрение автоматизированных, роботизированных комплексов, не исключаются операции, при выполнении которых условия труда характеризуются повышенным выделением вредных веществ. На рабочих местах к таким операциям относится операция по очистке электролизной ванны от пульпы.

Перед очисткой ванны от пульпы ванна обесточивается, аноды убираются, катоды остаются в ванне. Верхний слой электролита откачивают в соседние ванны или циркуляционный трубопровод, а богатый шламом электролит (пульпу) взмучивают и с помощью вакуумной откачки перекачивают в ресиверные баки.

Операция осуществляется с помощью водокольцевого вакуумного насоса ВВН1-1,5 (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Водокольцевой вакуумный насос

От насоса к ваннам подведены коллектора из нержавеющей труб. В трубу выводится шланг от насоса, на другой конец шланга одевается насадка с ловушкой. Всасывание происходит за счёт движения рабочего колеса,

которое вращается в цилиндрическом корпусе, частью заполненного жидкостью, и является эксцентрично расположенный ротор с радиально расположенными лопатками.

В ходе перекачивания пульпы рабочий должен перемещать шланг по мере очистки ванны. При выполнении очистки ванны от пульпы рабочий на разных этапах очистки находится около ванны, на борту или внутри ванны. Это приводит к риску получения травм.

Для удаления шлама может быть использована роботизированная система по удалению шлама, разработанный для удаления шлама с днища парогенераторов [16]. Робот манипулятор может быть установлен на борту ванны.

Для исключения резкого движения всасывающего трубопровода насоса, трубопровод (шланг) фиксируется с помощью штанги. Штанга с трубопроводами крепится на направляющей (рисунок 3.2).

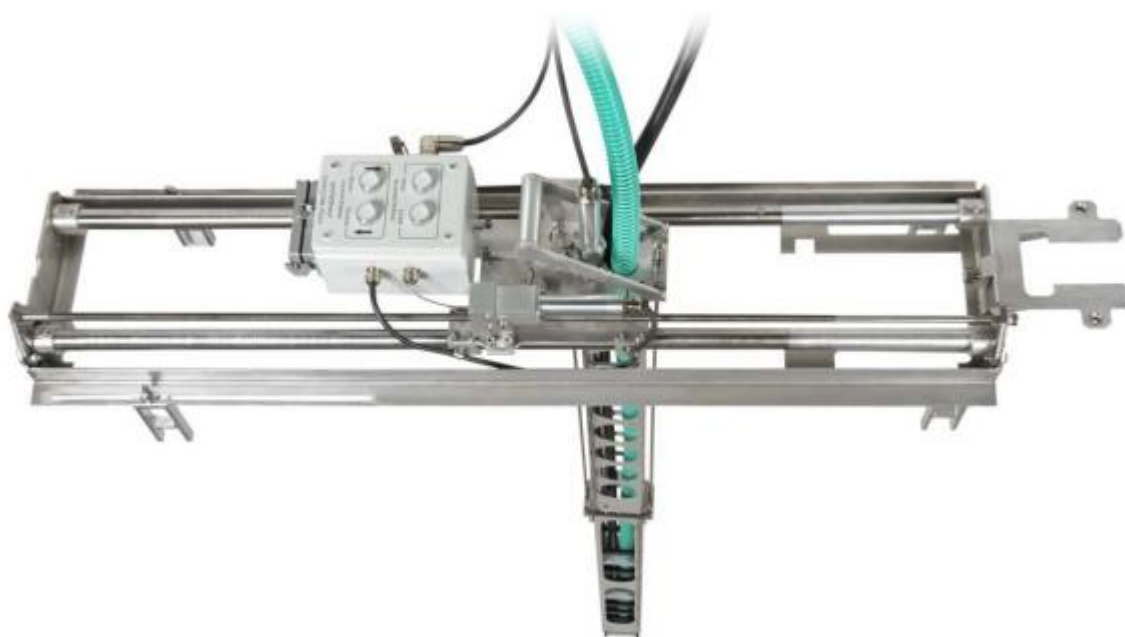


Рисунок 3.2 – Штанга с трубопроводами на направляющей

Подобный робот-автомат позволит исключить резкое движение шланга, которое приводит к риску обрушения катодов в ванну. Позволит уменьшить время на проведение ручных операций по очистке ванны от шлама.

4 Охрана труда

4.1 Анализ травматизма в цехе электролитического рафинирования

Характеристика травм и причин травматизма в 2019 г. приведен в таблице 4.1 [5].

Таблица 4.1 – Характеристика травм и причин травматизма в 2019 г.

Участок	Травмы, причины травматизма
ЭУ-5	04 февраля 2019 г. в 14.30 при выполнении технологических операций по сборке медных основ на клепальном станке электролизник водных растворов А. поскользнулся на ступени площадки обслуживания клепального станка, при этом удержал равновесие. При осмотре места происшествия обнаружены следы пролива масла, которые образовались в результате технического обслуживания редуктора привода подачи штанг
ЭУ-1	01 марта 2019 г. в 11.30 электролизник водных растворов Ш. при проверке уровня электролита в сборнике регенерации запнулся об торчащую из пола металлическую арматуру, при этом сохранил равновесие
ЭУ-2	29 апреля 2019 г. в 12.20 при выполнении технологических операций по сборке медных основ на клепальном станке электролизник водных растворов А. поскользнулся на рабочей площадке обслуживания клепального станка, при этом удержал равновесие. При осмотре места происшествия обнаружены следы пролива масла, которые образовались в результате технического обслуживания редуктора привода клепального станка
ЦЭМ	31 июля 2019 г. в 16.00 электролизник водных растворов Б. при вакуумной чистке электролизной серии поднялся на борт электролизной ванны для перемещения сифона с храповиком, потерял равновесие
ЦЭМ, УЭ-2	25 декабря 2019 г. в смену с 00.00 электролизник водных растворов Г. при выполнении работ по чистке электролизных ванн от шламовой пульпы с использованием вакуума, находясь на борту электролизной серии, потерял равновесие и упал на стоящий на технологической площадке контейнер КШМК, в результате падения получил вывих.

Приведенные в таблице данные показывают, что полученные травмы и микротравмы связаны с недостаточной организацией производства работ, неудачной организацией рабочих мест, личной неосторожностью пострадавших.

Динамика травматизма приведена на диаграмме (рисунок 4.1).

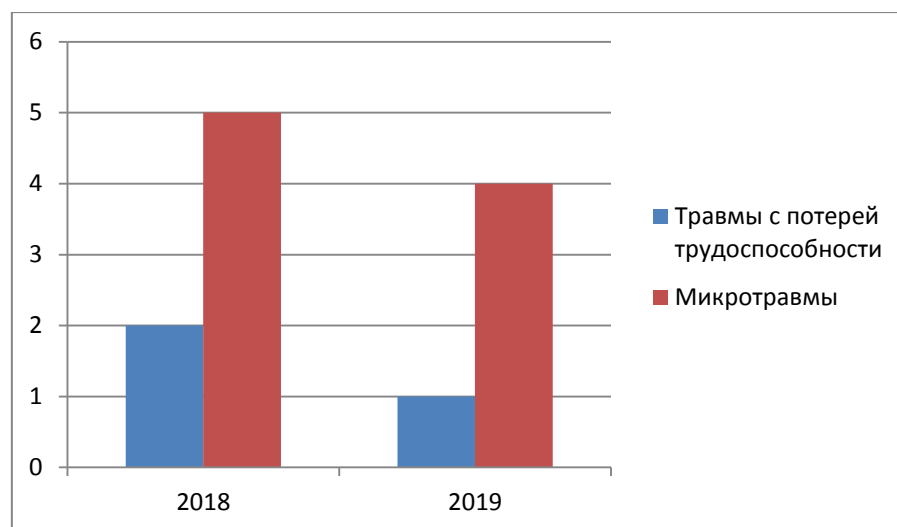


Рисунок 4.1 – Статистика травматизма в цехе в 2018-2019 г

Анализ травматизма в подразделениях Медного завода показывает, что обновление оборудования в цехах предприятия привело к их сокращению. Так же в результате за 2019 год произошло сокращение численности персонала на 1,6%. Тяжелые несчастные случаи не зарегистрированы. В 2019 г зафиксирована 1 травма с потерей трудоспособности и 4 микротравмы.

В технологическом разделе рассмотрены параметры процесса электролиза, оборудование, используемое в данном процессе. Внедренное оборудование позволяет снизить напряженность труда, соответственно риск травматизма снижается. Выявленные причины травматизма показывают необходимость проведения обучения безопасным приемам труда на производстве.

4.2 План мероприятий по улучшению условий труда. Процедура проведения инструктажей по охране труда

Для решения проблем, связанных с недостатками в организации производства работ и рабочих мест, необходимы следующие мероприятия:

- организация комиссии по контролю состояния рабочих мест, организации работы, культуры производства на рабочих местах;
- проведение еженедельной инспекции комиссией всех участков цеха, выявление проблем;
- составление мероприятий по устранению проблем, приведших к травмам и микротравмам, указанных в таблице 4.1, необходимо выяснить и устранить причины пролива масла, восстановление разрушенных настилов и бетонного покрытия пола.

Для повышения безопасного проведения работ необходимо проведение инструктажей, в частности целевых инструктажей перед выполнением опасной работы по чистке электролизных ванн от шламовой пульпы.

Основные вопросы целевого инструктажа для допуска к выполнению задания по чистке электролизных ванн от шламовой пульпы:

- порядок подготовки к работе (проверка исправности инструмента и приспособлений, средств защиты);
- основные опасные и вредные производственные факторы при выполнении работ на данном рабочем месте;
- опасные зоны вокруг места производства работ, действующее оборудование в непосредственной близости от места производства работ;
- технология выполнения работ, безопасные приемы и методы работы;
- требования по предупреждению электротравматизма и правила поведения вблизи электроустановок;

– правила пользования шлангами, сифонами, вакуумной установкой, применяемыми средствами, инструментом средствами индивидуальной защиты на данном рабочем месте;

– обязанности и действия при аварии, взрыве, пожаре, несчастном случае;

– правила личной гигиены;

– наличие инструкции, с пошаговой процедурой выполнения работ;

– возможные ошибки и последствия, с учетом информации об опыт эксплуатации, к которым может привести не использование процедур при производстве работ.

Инструктаж должен включать обязательно объяснение порядка проведения работы, возможных при этом ошибок, проверку знаний инструктируемого и отметку о проведении инструктажа в журнале.

5 Охрана окружающей среды

5.1 Характеристика выбросов

В процессе электролиза меди освобождаются кислородные пузырьки на поверхности анода. Когда эти пузырьки лопнут на межфазной поверхности электролит-воздух, производится т.н. кислый туман. Этот туман быстро распространяется в рабочих помещениях и представляет собой потенциальную опасность для здоровья работников. Кроме того, он создает и коррозионную атмосферу, которая является вредной как для оборудования, так и для конструкции электролитического отделения. Факторы, имеющие влияние при формировании кислого тумана, следующие: плотность тока; атмосферное давление; температура окружающей среды; условия анодов; температура электролита; состав электролита.

Допустимая концентрация серной кислоты (ПДК) в производственных помещениях электролитических отделений при длительном воздействии составляет 1 мг/м^3 , а при краткосрочном воздействии составляет 3 мг/м^3 .

Кислые туманы от электролизных ванн через бортоотсосы попадают для газоулавливания в скрубберы. Очищенные в мокром скруббере газы отправляются на переработку до элементарной серы [10].

Выбросы в атмосфере Норильского промышленного завода приведены в таблице 5.1 [17].

Таблица 5.1 – Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от цеха электролиза

Показатель	Значение
ПДКс.с	0,05
ПДКмр	0,5
Количество дней в году, когда концентрация SO_2 выше ПДКс.с	164
Количество дней в году, когда концентрация SO_2 выше $5 \cdot \text{ПДКс.с}$	46
Количество дней в году, когда концентрация SO_2 выше $10 \cdot \text{ПДКс.с}$	27

В атмосфере в результате фотохимических реакций окисления диоксида серы происходит образование серной кислоты. Далее все это выпадает в виде кислотных дождей, которые губят растения, закисляют почву, увеличивают кислотность озер. Растения приобретают желтоватый оттенок. Присутствие в атмосферном воздухе высоких концентраций сернистого газа приводит к деградации лесных площадей, отрицательно влияет на здоровье людей. Длительное воздействие сернистого ангидрида может вызвать хроническое отравление. Оно проявляется атрофическим ринитом, поражением зубов, часто обостряющимся токсическим бронхитом с приступами удушья. Возможны поражение печени, системы крови, развитие пневмосклероза. Особенно высокая чувствительность к диоксиду серы наблюдается у людей с хроническими нарушениями органов дыхания, с астмой.

По «Серному проекту» предполагается к 2023 году модернизировать и расширить производственные мощности по переработке отходящих сернистых газов в элементарную серу [18].

5.2 Характеристика отходов

Отходы перерабатывающего комплекса по производству катодной меди приводят к созданию различных типов отходов: анодный шлам, анодные отходы. Анодный шлам и анодные отходы отправляются для дальнейшей переработки.

Медеелектролитные шламы концентрируют в себе благородные металлы и металлы платиновой группы и редких элементов – селена и теллура. Шлам отправляют в Металлургический цех на переработку на золото-серебряный сплав (сплав Доре). Очищенный от примесей золотосеребряный сплав (сплав Доре) направляют на аффинаж – процесс разделения и рафинирования золота и серебра. Аффинаж проводят на Красноярском заводе цветных металлов.

Отходы потребления перерабатываются в плавильном цехе [10].

5.3 Характеристика сточных вод

Никель, медь и кобальт – основные загрязнители металлургического производства меди и никеля.

Медь – один из важнейших микроэлементов, входящих в состав живых организмов и растений. Физиологическая активность меди связана с тем, что она может входит в состав активных центров окислительно-восстановительных ферментов. Избыточные концентрации меди оказывают неблагоприятное воздействие на растительные и животные организмы, в том числе и на человека.

Медь попадает в сточные воды при операциях промывки катодных и анодных остатков. В цехе замкнутый водооборот. Сточные воды очищаются на участке очистки стоков в цехе и используются в теплообменниках.

5.4 Оценка экологического состояния территории

Основной компонент выбросов – диоксид серы. Концентрация его в выбросах меньше, чем в выбросах металлургических цехов завода. Выбросы подвергаются очистке в скрубберах. Твердые отходы подвергаются переработке.

Основной негативный антропогенный вклад – сточные воды цеха электролиза меди. Основные компоненты-загрязнители: медь, никель, кобальт. Характерные загрязняющие вещества реки Хараелах (правого притока Норильской) приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Загрязняющие вещества реки Хараелах, мкг/л

	Sr	V	Cd
Содержание в воде	27,3	0,70	0,02
ПДК	7	0,1	0,001

Характерные загрязняющие вещества реки Талнах приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Загрязняющие вещества реки Талнах, мкг/л

	Al	Ni	Cu	Mn	Ti	Co	Fe	V
Содержание в воде	1638	224	209	62,7	56,3	18,2	7,53	4,20
ПДК	0,2	0,02	1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1

По превышениям коенцентраций относительно предельно-допустимых концентраций в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования можно судить о том, что степень загрязненности рек является высокой, экологическое состояние территории относится к чрезвычайно опасному уровню [15].

Высокое содержание в воде тяжелых металлов и их соединений приводит к накоплению этих элементов в водных живых организмах, ведет к снижению биологического разнообразия, к уменьшению устойчивости экосистем.

5.5 Программа производственного экологического контроля

Согласно ст. 67 Федерального закона от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Производственный контроль в области охраны окружающей среды осуществляется в целях обеспечения выполнения в процессе хозяйственной и иной деятельности мероприятий по охране окружающей среды, рациональному использованию и восстановлению природных ресурсов, а также в целях соблюдения требований в области охраны окружающей среды, установленных законодательством в области охраны окружающей среды» [12, 14].

В соответствии с законом программа производственного экологического контроля включает сведения:

- об инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и их источников;
- об инвентаризации сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду и их источников;
- об инвентаризации отходов производства и потребления и объектов их размещения.

Контроль в области охраны атмосферного воздуха включает контроль стационарных источников выбросов. Загрязняющие вещества: диоксид серы.

Учет качества сточных и (или) дренажных вод ведется в соответствии с Приказом Минприроды России от 08.07.2009 г. № 205 «Об утверждении Порядка ведения собственниками водных объектов и водопользователями учета объема забора (изъятия) водных ресурсов из водных объектов и объема сброса сточных вод и (или) дренажных вод, их качества» и осуществляется путем ведения журнала учета качества сбрасываемых сточных вод.

Перечень определяемых загрязняющих веществ и показателей качества сточных вод: медь, никель, кобальт, кислотность, органические вещества, нефтепродукты. Периодичность, места отбора проб 1 раз в месяц. Методики измерений: Количественный химический анализ титриметрическим методом ПНД Ф 14.1:2.100-97.

6 Защита в чрезвычайных и аварийных ситуациях

Несмотря на снижение рисков для работников, улучшение микроклимата на рабочих местах, внедрение автоматизированных линий, полностью исключить вероятность возникновения химических аварий невозможно.

В цехе электролиза меди работа связана с агрессивными растворами, пневматическими и вакуумными установками, с большими токовыми нагрузками.

Аварийные ситуации могут быть связаны с отказом оборудования. Основное оборудование, используемое в цехе относится к гидродинамическому: насосное, емкостное оборудование, трубопроводные системы.

Насосное оборудование (в первую очередь напорные насосы) является источником повышенной опасности вследствие повышенного давления, что при аварийной остановке, включении в сочетании с неправильным положением запорной арматуры может привести к разгерметизации оборудования и утечке опасных веществ. Помимо этого ряд элементов насосов, особенно уплотнения, являются недостаточно надежными, что может привести к утечкам перекачиваемых продуктов.

Трубопроводные системы являются источником повышенной опасности вследствие большого количества сварных и фланцевых соединений, недостаточной надежности уплотнений запорной и иной арматуры. Причинами разгерметизации могут быть [13]:

- образование трещин и разрывов в материале трубопроводов;
- гидравлические удары;
- вибрация;
- превышение давления;
- температурные деформации;

– физический износ, механические повреждения, температурные деформации оборудования и трубопроводов.

Емкостное оборудование является источником повышенной опасности в связи с большими объемами, содержащихся в них опасных веществ. Особенно это относится к резервуарам хранения кислот. К основным причинам, связанным с отказом емкостного оборудования относятся:

– некачественная диагностика и не выявление дефектов перед вводом оборудования в эксплуатацию;

– имеющиеся или возникающие дефекты не устраняются своевременно;

– разрушение материала корпуса емкости за счет старения или коррозии;

– температурная деформация в результате воздействия погодных условий (нагрев солнечными лучами, охлаждение зимой, циклические колебания температуры).

Опасности антропогенного характера обусловлены человеческим фактором. Человеческий фактор играет роль для обеспечения безаварийной, безопасной эксплуатации производственного оборудования. Несоблюдение технологического регламента, принятие ошибочных решений, несоблюдение правил пожарной безопасности могут привести к аварийной ситуации.

Опасные техногенные ситуации связаны с механическим разрушением оборудования, разгерметизацией аппаратуры и трубопроводов, что повлечет загазованность территории и прилегающих территорий технологическими газами, загрязнение серной кислотой территории предприятия и прилегающих территорий.

Основные свойства серной кислоты:

Серная кислота H_2SO_4 (94–98 %) – сильная двухосновная кислота. Класс опасности – 2.

При обычных условиях чистая 100% серная кислота – тяжелая маслянистая жидкость без цвета и запаха, с кислым «медным» вкусом,

застывающая в кристаллическую массу при $t = +10,3^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{кипения}} = +296,2^{\circ}\text{C}$ (с разложением). Плотность = $1,92\text{ г/см}^3$. Серная кислота смешивается с водой во всех соотношениях. Концентрированная серная кислота является сильным окислителем. Разбавленная серная кислота взаимодействует со всеми металлами, находящимися в электрохимическом ряду напряжений левее водорода (H), с выделением H_2 [7].

При нарушении режима работы электролизной ванны может происходить эмиссия водорода. Когда водород находится в газообразном состоянии, он крайне взрывоопасный. Допустимая концентрация водорода в электролитических отделениях составляет 0,5%. Аварийная ситуация может возникнуть при отказе вентиляции.

Возможные сценарии аварий с учетом опасных веществ приведены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Краткое описание сценариев наиболее вероятных аварий с проливом раствора серной кислоты

Номер сценария	Краткое описание сценариев аварий
1	Разгерметизация бака-хранилища объемом 8 м^3 с раствором серной кислоты (94–98 %) → пролив концентрированной раствора серной кислоты → образование пролива концентрированной раствора серной кислоты в пределах площадки → образование зон поражения человека аэрозолем → попадание персонала в зоны поражения → химические ожоги и токсическое поражение людей.
2	Разгерметизация бака для электролита объемом 8 м^3 с раствором серной кислоты ($135\text{--}200\text{ г/дм}^3$) → пролив электролита, содержащего серную кислоту → образование пролива раствора серной кислоты в пределах площадки → образование зон поражения человека аэрозолем → попадание персонала в зоны поражения → химические ожоги и токсическое поражение людей.
3	Разгерметизация насоса X 90/33 перекачки раствора серной кислоты (94–98 %) → пролив концентрированной раствора серной кислоты → образование пролива концентрированной раствора серной кислоты в пределах помещения кислотно-щелочного хозяйства → образование зон поражения человека аэрозолем → попадание персонала в зоны поражения → химические ожоги и токсическое поражение людей.
4	Разгерметизация насоса X 90/33 перекачки электролита ($135\text{--}200\text{ г/дм}^3$) → пролив электролита → образование пролива раствора серной кислоты в пределах площадки → образование зон поражения человека аэрозолем → попадание персонала в зоны поражения → химические ожоги и токсическое поражение людей.

Серная кислота – токсична. Поражает дыхательные пути, при попадании на кожу, слизистые оболочки вызывает тяжелые химические ожоги кожных покровов, глаз и верхних дыхательных путей. В результате поражения дыхательных путей возникает затруднение дыхания, кашель. Химический ожог кожи приводит к отмиранию (некрозу) тканей. По степени тяжести поражения тканей ожоги обычно делятся на четыре степени: I степень – эритема кожи. II степень – образование пузырей. III степень – образование омертвевших кожных тканей. IV степень – атрофия глубже лежащих тканей.

Для ликвидации аварийной ситуации составляется план ликвидации аварии (ПЛА). План ликвидации аварий предусматривает:

- возможные сценарии возникновения и развития аварий на объекте;
- достаточное количество сил и средств, используемых для локализации и ликвидации последствий аварий на объекте, соответствие имеющихся на объекте сил и средств задачам ликвидации последствий аварий, а также необходимость привлечения профессиональных аварийно-спасательных формирований;
- организацию взаимодействия сил и средств;
- состав и дислокацию сил и средств;
- порядок обеспечения постоянной готовности сил и средств к локализации и ликвидации последствий аварий на объекте с указанием организаций, которые несут ответственность за поддержание этих сил и средств в установленной степени готовности;
- организацию управления, связи и оповещения при аварии на объекте;
- систему взаимного обмена информацией между организациями – участниками локализации и ликвидации последствий аварий на объекте;

- первоочередные действия при получении сигнала об аварии на объекте;
- действия производственного персонала и аварийно-спасательных служб (формирований) по локализации и ликвидации аварийных ситуаций;
- мероприятия, направленные на обеспечение безопасности населения;
- организацию материально-технического, инженерного и финансового обеспечения операций по локализации и ликвидации аварий на объекте.

Технические средства противоаварийной защиты, применяемые при подавлении и локализации аварий: запорная арматура, насос перекачки кислоты, переносной насос, герметичные хомуты, резиновые рукава, листовая резина ТМКЦ б-4.

Индивидуальные средства защиты: костюм из кислотозащитной ткани, прорезиненный фартук, резиновые кислотощелочестойкие сапоги и перчатки, кислотозащитные рукавицы, защитные герметичные очки или щиток из оргстекла, фильтрующие противогазы марок В (фильтрующая коробка желтого цвета), БКФ (фильтрующая коробка защитного цвета с белой вертикальной полосой), М (фильтрующая коробка красного цвета) или шланговые противогазы ПШ-1, ПШ-3. В аварийных случаях в помещениях необходимо обеспечить непрерывную работу приточно-вытяжной вентиляции.

Мероприятия по ликвидации аварии при разливе кислоты или электролита при разгерметизации бака:

- Оповещение персонала станции и завода находящегося на аварийном участке о возникновении аварии, немедленно, согласно плану ликвидации аварийных ситуаций.
- Перекачка хим.реагентов в резервные баки, опорожнение аварийных емкостей, трубопроводов – 40–60 мин.

– Нейтрализацию разлившейся кислоты проводят сухим порошком каустической соды или тринатрий фосфатом до нейтральной реакции. Нейтрализованную кислоту засыпают песком, собирают лопатами в контейнер и вывозят на утилизацию.

– Площадку обильно промывают водой.

– Аварийный бак вывозят в ремонт.

7 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности

7.1 Социальная эффективность мероприятий по охране труда

Рассчитаем показатели социальной эффективности мероприятий по охране труда по данным, приведенным в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Данные для расчета социальных показателей эффективности мероприятий по охране труда

Наименование показателя	усл. обозн.	ед. измер.	Значение показателя	
			1 (до реализации мероприятий)	2 (после реализации мероприятий)
Численность рабочих, условия труда которых не отвечают нормативным требованиям	Ч _і	чел.	45	24
Плановый фонд рабочего времени	Фплан	дни	273	273
Число пострадавших от несчастных случаев на производстве	Ч _{нс}	чел.	2	1
Количество дней нетрудоспособности в связи с несчастными случаями	Д _{нс}	дн	14	5
число случаев профессиональных заболеваний	З	шт.	15	2
количество дней временной нетрудоспособности из-за болезни	Д _з	дн.	420	42
количество случаев заболевания	К _з	шт.	15	2
годовая среднесписочная численность работников	ССЧ	чел.	489	464

Коэффициент частоты травматизма:

$$K_{\text{ч}} = \frac{\text{Ч}_{\text{нс}} \cdot 1000}{\text{ССЧ}} \quad (7.1)$$

где $Ч_{\text{нс}}$ – число пострадавших от несчастных случаев на производстве чел.

ССЧ – годовая среднесписочная численность работников, чел.

До реконструкции цеха

$$K_{\text{ч}} = \frac{2 \cdot 1000}{489} = 4,09$$

После реконструкции

$$K_{\text{ч}} = \frac{1 \cdot 1000}{464} = 2,16$$

Коэффициент тяжести травматизма:

$$K_{\text{т}} = \frac{D_{\text{нс}}}{Ч_{\text{нс}}} \quad (7.2)$$

где $Ч_{\text{нс}}$ – число пострадавших от несчастных случаев на производстве чел.

ССЧ – годовая среднесписочная численность работников, чел.

$D_{\text{нс}}$ – количество дней нетрудоспособности в связи с несчастным случаем, дн.

Коэффициент тяжести травматизма до реконструкции цеха

$$K_{\text{т}} = \frac{14}{2} = 7$$

Коэффициент тяжести травматизма после реконструкции

$$K_{\text{т}} = \frac{5}{1} = 5$$

Сокращение коэффициента тяжести заболевания:

$$\Delta K_{з.т.} = \frac{D_{з1}}{K_{з1}} - \frac{D_{з2}}{K_{з2}} \quad (7.6)$$

$D_{з1}$, $D_{з2}$ – количество дней временной нетрудоспособности из-за болезни соответственно до и после внедрения мероприятий;

$K_{з1}$, $K_{з2}$ – количество случаев заболевания соответственно до и после внедрения мероприятий.

$$\Delta K_{з.т.} = \frac{420}{15} - \frac{42}{2} = 7$$

Сокращение текучести кадров из-за неудовлетворительных условий труда:

$$\Delta \text{Ч}_{п} = \frac{\text{Ч}_{п1} - \text{Ч}_{п2}}{\text{ССЧ}} \quad (7.7)$$

где $\text{Ч}_{п1}$, $\text{Ч}_{п2}$ – количество работников, уволившихся по собственному желанию из-за неудовлетворительных условий труда соответственно до и после внедрения мероприятий, чел.

$$\Delta \text{Ч}_{п} = \frac{25 - 2}{489} = 0,05$$

Потери рабочего времени в связи с временной утратой трудоспособности на 100 рабочих за год:

$$\text{ВУТ} = \frac{100 \cdot D_{нс}}{\text{ССЧ}} \quad (7.8)$$

Потери рабочего времени в связи с временной утратой трудоспособности на 100 рабочих за год (до реконструкции):

$$\text{ВУТ} = \frac{100 \cdot 411}{489} = 84$$

Потери рабочего времени в связи с временной утратой трудоспособности на 100 рабочих за год (после реконструкции):

$$\text{ВУТ} = \frac{100 \cdot 305}{464} = 66$$

Фактический годовой фонд рабочего времени 1 основного рабочего:

$$\Phi_{\text{факт}} = \Phi_{\text{план}} - \text{ВУТ} \quad (7.9)$$

Фактический годовой фонд рабочего времени 1 основного рабочего до реконструкции:

$$\Phi_{\text{факт1}} = 273 - 84 = 189$$

Фактический годовой фонд рабочего времени 1 основного рабочего после реконструкции:

$$\Phi_{\text{факт2}} = 273 - 66 = 207$$

Прирост фактического фонда рабочего времени 1 основного рабочего после проведения мероприятия по охране труда:

$$\Delta\Phi_{\text{факт}} = \Phi_{\text{факт2}} - \Phi_{\text{факт1}} \quad (7.10)$$

$$\Delta\Phi_{\text{факт}} = 207 - 189 = 18$$

Относительное высвобождение численности рабочих за счет снижения количества дней невыхода на работу:

$$\mathcal{E}_q = \frac{ВУТ_1 - ВУТ_2}{\Phi_{факт1}} \cdot Ч_1 \quad (7.11)$$

где $D_{нс}$ – количество дней нетрудоспособности в связи с несчастным случаем на производстве, дн.; ССЧ – среднесписочная численность основных рабочих за год, чел.

$\Phi_{план}$ – плановый фонд рабочего времени 1 основного рабочего, дн.

$\Phi_{факт1}$, $\Phi_{факт2}$ – фактический фонд рабочего времени 1 основного рабочего до и после проведения мероприятия, дни.

$$\mathcal{E}_q = \mathcal{E}_q = \frac{84 - 66}{189} \cdot 45 = 4,3$$

$ВУТ_1$, $ВУТ_2$ – потери рабочего времени в связи с временной утратой трудоспособности на 100 рабочих за год до и после проведения мероприятия, дни;

$\Phi_{факт1}$ – фактический фонд рабочего времени 1 рабочего до проведения мероприятия, дни;

$Ч_{нс}$ – число пострадавших от несчастных случаев на производстве чел.

Результаты расчета социальных показателей эффективности мероприятий по охране труда приведены в таблице 7.2.

Таблица 7.2 – Результаты расчета социальных показателей эффективности мероприятий по охране труда

Показатели	до реконструкции	после реконструкции
Коэффициент частоты травматизма ($K_{\text{ч}}$)	4,09	2,16
Коэффициент тяжести травматизма ($K_{\text{т}}$)	7	5
Изменение коэффициента тяжести травматизма ($\Delta K_{\text{т}}$)		28,6
Уменьшение коэффициента частоты профессиональной заболеваемости из-за неудовлетворительных условий труда		2,66
Сокращение коэффициента тяжести заболеваний ($\Delta K_{\text{з.т.}}$)		7
Сокращение текучести кадров из-за неудовлетворительных условий труда ($\Delta \text{Ч}_{\text{п}}$)		0,05
Потери рабочего времени в связи с временной утратой трудоспособности на 100 рабочих за год (ВУТ)	84	66
Фактический годовой фонд рабочего времени 1 основного рабочего	189	207
Прирост фактического фонда рабочего времени 1 основного рабочего после проведения мероприятия по охране труда		18
Относительное высвобождение численности рабочих за счет снижения количества дней невыхода на работу		4,3

7.2 Санитарно-гигиеническая эффективность мероприятий по охране труда

Рассчитаем показатели санитарно-гигиенической эффективности мероприятий по охране труда.

Увеличение количества производственного оборудования (ΔM), соответствующего требованиям безопасности:

$$\Delta M = \frac{M_1 - M_2}{M} \cdot 100\% \quad (7.12)$$

где M_1 , M_2 – число единиц производственного оборудования, не соответствующего требованиям безопасности до и после внедрения мероприятий, шт.;

М – общее количество единиц производственного оборудования, шт.

$$\Delta M = \frac{10-8}{69} \cdot 100\% = 2,9\% \quad (7.13)$$

Сокращение количества рабочих мест (ΔK), условия труда на которых не отвечают нормативно-гигиеническим требованиям:

$$\Delta K = \frac{K_1 - K_2}{K_3} \cdot 100\% \quad (7.14)$$

$$\Delta K = \frac{24}{102} \cdot 100\% = 23,5\%$$

Уменьшение численности занятых ($\Delta Ч$), работающих в условиях, которые не отвечают нормативно-гигиеническим требованиям:

$$\Delta Ч = \frac{Ч_1 - Ч_2}{ССЧ} \cdot 100\%, \quad (7.15)$$

где K_1, K_2 – количество рабочих мест, условия труда на которых не отвечают нормативно-гигиеническим требованиям до и после проведения мероприятий;

K_3 – общее количество рабочих мест.

$Ч_1, Ч_2$ – численность занятых, работающих в условиях, которые не отвечают нормативно-гигиеническим требованиям до и после внедрения мероприятий, чел.;

ССЧ – годовая среднесписочная численность работников, чел.

$$\Delta Ч = \frac{45 - 24}{489} \cdot 100\% = 4,3\%$$

Показатели санитарно-гигиенической эффективности мероприятий по охране труда приведены в таблице 7.3.

Таблица 7.3 – Показатели санитарно-гигиенической эффективности мероприятий по охране труда

Показатели	Значение
Увеличение количества производственного оборудования (ΔM), соответствующего требованиям безопасности, %	2,9
Сокращение количества рабочих мест (ΔK), условия труда на которых не отвечают нормативно-гигиеническим требованиям, %	23,5
Уменьшение численности занятых ($\Delta Ч$), работающих в условиях, которые не отвечают нормативно-гигиеническим требованиям	4,3

7.3 Экономическая эффективность мероприятий по охране труда

Рассчитаем показатели экономической эффективности мероприятий по охране труда по данным, приведенным в таблице 7.4.

Таблица 7.4 – Данные для расчета экономических показателей эффективности мероприятий по охране труда

Наименование показателя	усл. обозн.	ед. измер.	Значение показателя	
			1 (до реализации мероприятий)	2 (после реализации мероприятий)
Время оперативное	t_o	мин	30	25
Время обслуживания рабочего места	$t_{ом}$	мин	30	20
Время на отдых	$t_{отп}$	мин	5	5
Ставка рабочего	$T_{чс}$	руб/час	300	300
Коэффициент доплат	$k_{допл.}$	%	60	40
Продолжительность рабочей смены	T	час	7	7
Количество рабочих смен	S	шт	3	3
Коэффициент материальных затрат в связи с несчастным	μ		1,5	1,5

случаем				
страховой тариф по обязательному социальному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний	$t_{\text{страх}}$	%	0,7	0,7
Нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности	Ен		1,1	1,1
Единовременные затраты	Зед	руб.		145000

Прирост производительности труда за счет уменьшения затрат времени на выполнение операции:

$$P_{\text{тр}} = \frac{t_{\text{шт1}} - t_{\text{шт2}}}{t_{\text{шт1}}} \cdot 100\% \quad (7.16)$$

где $t_{\text{шт1}}$ и $t_{\text{шт2}}$ — суммарные затраты времени (включая перерывы на отдых) на технологический цикл до и после внедрения мероприятий.

t_o — оперативное время, мин.;

$t_{\text{отл}}$ — время на отдых и личные надобности;

$t_{\text{ом}}$ — время обслуживания рабочего места.

$$P_{\text{тр}} = \frac{65 - 50}{65} \cdot 100\% = 23\%$$

Суммарные затраты времени (включая перерывы на отдых) на технологический цикл:

$$t_{\text{шт}} = t_o + t_{\text{ом}} + t_{\text{отл}} \quad (7.17)$$

До реконструкции

$$t_{\text{шт1}} = 30 + 30 + 5 = 65$$

После реконструкции

$$t_{шт2} = 25 + 20 + 5 = 50$$

Прирост производительности труда за счет экономии численности работников в результате повышения трудоспособности:

$$П_{\text{Э}_ч} = \frac{\text{Э}_ч \cdot 100\%}{\text{ССЧ}_1 - \text{Э}_ч}, \quad (7.18)$$

$\text{Э}_ч$ – сумма относительной экономии (высвобождения) численности работающих (рабочих) по всем мероприятиям, чел.

ССЧ_1 – среднесписочная численность работающих до проведения мероприятий, чел.

Общий годовой экономический эффект ($\text{Э}_Г$) от мероприятий по улучшению условий труда представляет собой экономию приведенных затрат от внедрения данных мероприятий:

$$\text{Э}_Г = \text{Э}_{\text{мз}} + \text{Э}_{\text{усл тр}} + \text{Э}_{\text{страх}} \quad (7.19)$$

Среднедневная заработная плата:

$$\text{ЗПЛ}_{\text{дн}} = T_{\text{час}} \cdot T \cdot S \cdot (100\% + k_{\text{допл}}) \quad (7.20)$$

Среднедневная заработная плата до реконструкции

$$\text{ЗПЛ}_{\text{дн}} = 300 \cdot 7 \cdot 3 \cdot (100\% + 60) = 10080 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата после реконструкции

$$\text{ЗПЛ}_{\text{дн}} = 300 \cdot 7 \cdot 3 \cdot (100\% + 60) = 10080 \text{ руб.}$$

Материальные затраты в связи с несчастными случаями на производстве:

$$P_{\text{мз}} = \text{ВУТ} \cdot \text{ЗПЛ}_{\text{дн}} \cdot x \cdot \mu \quad (7.21)$$

Материальные затраты в связи с несчастными случаями на производстве до реконструкции:

$$P_{\text{мз1}} = 84 \cdot 10080 \cdot 2 \cdot 1,5 = 2540160$$

Материальные затраты в связи с несчастными случаями на производстве послереконструкции:

$$P_{\text{мз2}} = 66 \cdot 10080 \cdot 2 \cdot 1,5 = 1995840$$

Годовая экономия материальных затрат:

$$\text{Э}_{\text{мз}} = P_{\text{мз2}} - P_{\text{мз1}}, \quad (7.22)$$

где $P_{\text{мз1}}$, $P_{\text{мз2}}$ — материальные затраты в связи с несчастными случаями до и после проведения мероприятий, руб.

ВУТ — потери рабочего времени в связи с временной утратой трудоспособности на 100 рабочих за год до и после проведения мероприятия.

$\text{ЗПЛ}_{\text{дн}}$ — среднедневная заработная плата одного работающего (рабочего), руб.

μ — коэффициент, учитывающий все элементы материальных затрат по отношению к заработной плате.

$T_{\text{чс}}$ — часовая тарифная ставка, руб/час;

$k_{\text{допл}}$ — коэффициент доплат за условия труда, %.

T — продолжительность рабочей смены, час.

S — количество рабочих смен.

$$\mathcal{E}_{\text{мз}} = 2540160 - 1995840 = 544320$$

Экспериментальными исследованиями установлено, что коэффициент, материальных последствий несчастных случаев для промышленности составляет 2,0, а в отдельных ее отраслях колеблется от 1,5 (в машиностроении) до 2,0 (в металлургии).

Годовая экономия ($\mathcal{E}_{\text{усл тр}}$) за счет уменьшения затрат на выплату льгот и компенсаций за работу в неблагоприятных условиях труда определяется как разность суммы этих льгот до и после проведения мероприятий.

Среднегодовая заработная плата:

$$\text{ЗПЛ}_{\text{год}} = \text{ЗПЛ}_{\text{дн}} \cdot \Phi_{\text{план}} \quad (7.23)$$

$$\text{ЗПЛ}_{\text{год}} = 10080 \cdot 273 = 2751840$$

Годовая экономия за счет уменьшения затрат на выплату льгот и компенсаций за работу в неблагоприятных условиях труда:

$$\mathcal{E}_{\text{усл тр}} = \text{Ч}_1 \cdot \text{ЗПЛ}_{\text{год1}} - \text{Ч}_2 \cdot \text{ЗПЛ}_{\text{год2}} \quad (7.24)$$

где $\text{ЗПЛ}_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата одного работающего (рабочего), руб.

$\Phi_{\text{план}}$ – плановый фонд рабочего времени 1 основного рабочего, дн.

$\text{ЗПЛ}_{\text{год}}$ – среднегодовая заработная плата работника, руб.

$\text{Ч}_1, \text{Ч}_2$ – численность занятых, работающих в условиях, которые не отвечают нормативно-гигиеническим требованиям до и после проведения мероприятий, чел.

$$\mathcal{E}_{\text{усл тр}} = 45 \cdot 2751840 - 24 \cdot 2751840 = 57788640$$

Годовая экономия по отчислениям на социальное страхование ($\mathcal{E}_{\text{страх}}$) образуется за счет уменьшения затрат на выплату льгот и компенсаций за работу в неблагоприятных условиях труда. Определяется она произведением годовой экономии затрат на выплату льгот и компенсаций за работу в неблагоприятных условиях труда и тарифом взносов на обязательное социальное страхования от несчастных случаев на производстве.

$$\mathcal{E}_{\text{страх}} = \mathcal{E}_{\text{усл.тр}} \cdot t_{\text{страх}} \quad (7.25)$$

где $t_{\text{страх}}$ — страховой тариф по обязательному социальному страхованию от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний.

Не менее важное значение при определении величины экономического эффекта от проводимых мероприятий по охране труда имеют следующие показатели. Первое, срок окупаемости произведенных затрат на мероприятия. Второе, коэффициент экономической эффективности.

Срок окупаемости затрат на проводимые мероприятия определяется соотношением суммы произведенных затрат к общему годовому экономическому эффекту. Коэффициент экономической эффективности – это величина, обратная сроку окупаемости.

$$\mathcal{E}_{\text{страх}} = 57788640 \cdot 0,7 = 40452048$$

$$\mathcal{E}_{\Gamma} = 544320 + 57788640 + 40452048 = 98785008 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости затрат на проведение мероприятий:

$$T_{\text{ед}} = \frac{\mathcal{Z}_{\text{ед}}}{\mathcal{E}_{\Gamma}} \quad (7.26)$$

Коэффициент экономической эффективности затрат:

где $Z_{ед}$ – единовременные затраты на проведение мероприятий по улучшению условия труда, руб.

$T_{ед}$ – срок окупаемости единовременных затрат, год.

$$T_{ед} = \frac{1450000}{98785008} = 0,015$$

Таблица 7.5 – Экономические показатели эффективности мероприятий по охране труда

Показатели	до реконструкции	после реконструкции
Суммарные затраты времени (включая перерывы на отдых) на технологический цикл	65	50
Среднедневная заработная плата	10080	10080
Материальные затраты в связи с несчастными случаями на производстве	2540160	1995840
Годовая экономия материальных затрат		544320
Годовая экономия за счет уменьшения затрат на выплату льгот и компенсаций за работу в неблагоприятных условиях труда		57788640
Общий годовой экономический эффект (Δ_T) от мероприятий по улучшению условий труда		98785008
Срок окупаемости затрат на проведение мероприятий		0,015

Заключение

Статьей 37 Конституции Российской Федерации закреплено право каждого работника на труд в условиях, отвечающих требованиям безопасности и гигиены.

Основной целью улучшения условий труда является достижение социального эффекта, т.е. обеспечение безопасности труда, сохранение жизни и здоровья работающих, сокращение количества несчастных случаев и заболеваний на производстве. Улучшение условий труда дает и экономические результаты: рост прибыли (в связи с повышением производительности труда); сокращение затрат, связанных с компенсациями за работу с вредными и тяжелыми условиями труда; уменьшение потерь, связанных с травматизмом, профессиональной заболеваемостью; уменьшением текучести кадров и т. д.

Улучшение санитарно-гигиенических условий труда предполагает усовершенствование техники и технологии производства с целью устранения причин, которые порождают неблагоприятные условия, а также рационализацию производственного процесса с учетом комплекса санитарных и эргономических норм, стандартов и требований.

В работе проведена оценка мероприятий по обеспечению промышленной безопасности на опасном производственном объекте – цехе электролиза меди на Медном заводе ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель»

Внедрение нового оборудования в цехе электролиза меди (безосновной) привело к улучшению условий труда рабочих за счет снижения числа технологических операций (особенно физически тяжелых) и числа технологического персонала, занятого в их выполнении; снижению существующего априорного профессионального риска для здоровья рабочих от воздействия химических факторов (солей никеля и меди, паров серной кислоты), производственного микроклимата, а также шума.

Автоматизация технологических процессов и автоматический контроль за их состоянием, использование нового современного оборудования, позволили ликвидировать целый ряд производственных операций, что привело к сокращению рабочих (в том числе женщин), занятых проведением этих операций и освобождению рабочего времени, затрачиваемого на обслуживание электролизных ванн электролизниками и, в конечном итоге, к сокращению перечня основных рабочих профессий в новом отделении.

По условиям труда работа в этом цехе относится к 3 классу (вредные условия). По степени тяжести до реконструкции – 3 или 4, после реконструкции – 2 и 3.

В работе проведен анализ безопасности объекта с точки зрения промышленной, пожарной безопасности и охраны труда.

Список используемых источников

1. «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 N 197-ФЗ
2. Федеральный закон «О специальной оценке условий труда» №426-ФЗ от 28.12.2013.
3. Приказ Минздравсоцразвития России от 01.03.2012 №181н «Об утверждении Типового перечня ежегодно реализуемых работодателем мероприятий по улучшению условий и охраны труда и снижению уровней профессиональных рисков»
4. Анализ результатов периодических медицинских осмотров рабочих, занятых в огневом и электролитическом рафинировании меди / В.И. Адриановский, Г.Я. Липатов, А.А. Самылкин [и др.] // Фундаментальные исследования. – 2010, №7. – С. 7-12.
5. Анализ травматизма по Медному заводу ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель» за 2019 год. – Норильск, 2019. – 14 с.
6. Гигиена, физиология труда и медико-санитарное обслуживание женщин, работающих в производстве рафинированной меди (огневое и электролитическое рафинирование меди): Пособие для врачей / Г.Я. Липатов, Ю.Н. Нарницына, В.И. Адриановский, А.А. Самылкин, Ю.М. Гилёва. – Екатеринбург, 2008. – 27 с.
7. Карнаух Н.Н. Охрана труда: учебник для прикладного бакалавриата / Н.Н. Карнаух. – М.: Юрайт, 2019. – 380 с.
8. Отчет об устойчивом развитии 2018. Новый Норникель: стратегия в действии www.nornickel.ru/files/ru/CSOpdf/NN_SR2018.pdf (дата обращения: 30.01.2020).
9. Сравнительная гигиеническая оценка «новой» и «старой» технологий производства катодной меди / О.Г. Другова, О.Ф. Рослый, А.А. Федорук [и др.] // Управление риском для здоровья работающих и населения в связи с хозяйственной деятельностью предприятий медной

промышленности: Материалы Всероссийской научнопрактической конференции, Верхняя Пышма, 7-9 октября 2015 г / под ред. д-ра мед. наук В.Б. Гурвича. - Екатеринбург: Изд-во ФБУН ЕМНЦ ПОЗРПП Роспотребнадзора, 2016.–136 с.

10. Технологическая инструкция производства электролитной меди ТИ 14.55-46-2019. – 48 с.

11. Фрезе Т.Ю. Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности: учебно-методическое пособие по выполнению раздела выпускной квалификационной работы (бакалаврской работы)/ Фрезе Т.Ю. – Тольятти: ТГУ, 2019. – 60 с.

12. Колесников Е.Ю. Оценка воздействия на окружающую среду. Экспертиза безопасности: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / Е.Ю. Колесников, Т.М. Колесникова. – М.: Юрайт, 2019. – 469 с.

13. ИОТ 56-05-2016. Инструкция по охране труда для электролизников водных растворов электролизного участка Медного завода / ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель». – 25 с.

14. ИТС 22.1-2016. Общие принципы производственного экологического контроля и его метрологического обеспечения. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. – М.: Бюро НТД, 2016. – 541 с.

15. Базова М.М. Оценка современного состояния качества вод Норильского промышленного района / М.М. Базова, Д.В. Кошевой // Арктика: экология и экономика № 3 (27), 2017. – С. 49-60.

16. Кучеренок О.В. Роботизированная система удаления шлама с днища парогенераторов / О.В. Кучеренко, В.А. Шваров // Глобальная ядерная безопасность, №2 (7), 2013. – С. 50-59.

17. Зуев Д.В. Спутниковый мониторинг выбросов диоксида серы техногенных объектов северных территорий Красноярского края / Д.В. Зуев. – Красноярск: СФУ, 2018. – 147 с.

18. Владимир Потанин дал старт реализации «Серного проекта» на Медном заводе в Норильске. Пресс-релиз ГК «Норильский никель» от 10.09.2018 // <https://www.nornickel.ru/news-and-media/press-releases-and-news> (дата обращения: 20.02.2020).