

Об утверждении справочника по наилучшим доступным техникам "Производство алюминия"

Постановление Правительства Республики Казахстан от 27 декабря 2023 года № 1200

В соответствии с пунктом 6 статьи 113 Экологического кодекса Республики Казахстан Правительство Республики Казахстан **ПОСТАНОВЛЯЕТ**:

Утвердить прилагаемый справочник по наилучшим доступным техникам "Производство алюминия".

2. Настоящее постановление вводится в действие со дня его подписания.

*Премьер-Министр
Республики Казахстан*

А. Смаилов

Утвержден
постановлением Правительства
Республики Казахстан
от 27 декабря 2023 года № 1200

Справочник по наилучшим доступным техникам "Производство алюминия"

Оглавление

| | |
|--|--|
| Оглавление | |
| Список рисунков | |
| Список таблиц | |
| Глоссарий | |
| Предисловие | |
| Область применения | |
| Принципы применения | |
| 1. Общая информация | |
| 1.1. История развития алюминиевой промышленности | |
| 1.2. Общая информация о рассматриваемой отрасли промышленности | |
| 1.2.1. Бокситовое рудоуправление | |
| 1.2.2. Глиноземное производство | |
| 1.2.3. Производство первичного алюминия | |
| 1.3. Характеристика сырья, основных и вспомогательных материалов, используемых при производстве алюминия | |
| 1.4. Производственные мощности алюминиевой отрасли Казахстана | |
| 1.5. Энергоэффективность | |

- 1.5.1. Показатели использования энергии в производстве алюминия
- 1.6. Основные экологические проблемы
 - 1.6.1. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух
 - 1.6.2. Сбросы загрязняющих веществ в водные объекты
 - 1.6.3. Образование и управление отходами производства
 - 1.6.4. Шум и вибрация
 - 1.6.5. Воздействие на земельные ресурсы и почвенный покров
 - 1.6.6. Воздействие на флору и фауну
 - 1.6.7. Воздействие при ликвидации и рекультивации
 - 1.6.8. Запах
- 1.7. Снижение воздействия на окружающую среду
- 2. Методология определения наилучших доступных техник
 - 2.1. Детерминация, принципы подбора НДТ
 - 2.2. Критерии отнесения техник к НДТ
 - 2.3. Экономические аспекты внедрения НДТ
 - 2.3.1. Подходы к экономической оценке НДТ
 - 2.3.2. Способы экономической оценки НДТ
 - 2.3.3. Платежи и штрафы за негативное воздействие на окружающую среду
 - 2.3.4. Расчет на установке
- 3. Применяемые процессы: технологические, технические решения, используемые в настоящее время
 - 3.1. Процессы производства алюминия
 - 3.1.1. Технологический процесс добычи бокситов
 - 3.1.2. Технологический процесс производства глинозема
 - 3.1.3. Технологический процесс производства первичного алюминия
 - 3.2. Добыча бокситов
 - 3.2.1. Открытая добыча бокситовой руды
 - 3.2.2. Текущие уровни эмиссий в окружающую среду
 - 3.3. Производство глинозема
 - 3.3.1. Прием сырья и передача в процесс
 - 3.3.2. "Байеровская" ветвь последовательной схемы получения из боксита товарного глинозема
 - 3.3.3. Переработка красного шлама ветви Байера с получением алюминатного раствора
 - 3.3.4. Текущие уровни эмиссий в окружающую среду
 - 3.4. Производство первичного алюминия
 - 3.4.1. Электролизное производство
 - 3.4.2. Основное оборудование серии электролиза алюминия
 - 3.4.3. Литейное производство

- 3.4.4. Текущие уровни эмиссий в окружающую среду
- 3.5. Производство обожженных анодов
 - 3.5.1. Смесильно-прессовый процесс
 - 3.5.2. Процесс обжига
 - 3.5.3. Анодно-монтажный процесс
 - 3.5.4. Текущие уровни эмиссий в окружающую среду
- 3.6. Вспомогательные подразделения
 - 3.6.1. Энергетическое хозяйство
 - 3.6.2. Текущие уровни эмиссий в окружающую среду
- 4. Общие наилучшие доступные техники для предотвращения и/или сокращения эмиссий и потребления ресурсов
 - 4.1. Ведение комплексного подхода к защите окружающей среды
 - 4.2. Внедрение систем экологического менеджмента
 - 4.3. Внедрение систем энергетического менеджмента
 - 4.4. Мониторинг эмиссий
 - 4.4.1. Мониторинг выбросов загрязняющих веществ в атмосферу
 - 4.4.2. Мониторинг сбросов загрязняющих веществ в водные объекты
 - 4.5. Проведение планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания оборудования и техники
 - 4.6. Управление отходами
 - 4.6.1 Управление технологическими остатками
 - 4.7. Управление водными ресурсами
 - 4.7.1. Предотвращение образования сточных вод
 - 4.8 Физические воздействия
- 5. Техники, которые рассматриваются при выборе наилучших доступных техник
 - 5.1. Общие НДТ при производстве алюминия
 - 5.2. Внедрение систем автоматизированного контроля и управления в технологическом процессе
 - 5.2.1. Автоматизированные системы управления горнотранспортным оборудованием в производстве алюминия
 - 5.2.2 Система автоматизации контроля и управления процессами обогащения в производстве алюминия
 - 5.2.3 Автоматизированные системы управления технологическим процессом (АСУТП)
 - 5.2.4. Техническое обслуживание
 - 5.3. НДТ в области энерго- и ресурсосбережения
 - 5.3.1. Применение частотно-регулируемых приводов для электродвигателей
 - 5.3.2. Применение электродвигателей с высоким классом энергоэффективности
 - 5.3.3. Применение энергосберегающих осветительных приборов

5.3.4. Замена устаревших силовых трансформаторов на современные трансформаторы

5.3.5. Применение современных теплоизоляционных материалов на высокотемпературном оборудовании

5.3.6. Рекуперация тепла из теплоты отходящего процесса

5.3.7. Полезное использование тепла отходящих газов после печей спекания

5.4. НДТ, направленные на обеспечение стабильности производственного процесса

5.4.1. Обеспечение стабильности процесса добычи руд

5.4.2. Обеспечение стабильности процесса обогащения руд цветных металлов

5.4.3. Методы очистки алюминатных растворов

5.5. НДТ, направленные на снижение негативного воздействия на атмосферный воздух

5.5.1. НДТ, направленные на предотвращение неорганизованных эмиссий в атмосферный воздух

5.5.2. НДТ, направленные на предотвращение организованных эмиссий в атмосферный воздух

5.5.3. Сокращение и (или) предотвращение выбросов азота и его соединений

5.5.4. Сокращение и (или) предотвращение выбросов серы и ее соединений

5.5.5. НДТ, направленные на сокращение и (или) предотвращение выбросов СО от организованных источников выбросов

5.6. НДТ, направленные на предотвращение и снижение сбросов сточных вод

5.6.1. Управление водным балансом при производстве алюминия (добыча бокситов)

5.6.2. Снижение водоотлива карьерных и шахтных вод

5.6.3. Управление поверхностным стоком территории наземной инфраструктуры

5.6.4. Применение современных методов очистки сточных вод

5.6.5. Механическая очистка

5.6.6. Химические и физико-химические методы очистки

5.6.7. Биологическая очистка

5.7. НДТ, направленные на сокращение воздействия отходов процессов в производстве алюминия

5.7.1. Использование отходов добычи и обогащения в качестве сырья или добавки к продукции во вторичном производстве и строительных материалов

5.7.2. Использование отходов при заполнении выработанного пространства

5.7.3. Использование отходов при ликвидации горных выработок

5.7.4. Переработка отходов добычи и обогащения (вторичные минеральные ресурсы, техногенные месторождения) с целью извлечения основных и попутных ценных компонентов

5.7.5. Методы переработки отходов производства алюминия

6. Заключение, содержащее выводы по наилучшим доступным техникам

- 6.1. Общие НДТ
 - 6.1.1. Система экологического менеджмента
 - 6.1.2. Управление энергопотреблением
 - 6.1.3. Управление процессами
 - 6.1.4. Мониторинг выбросов
 - 6.1.5. Мониторинг сбросов
 - 6.1.6. Шум
 - 6.1.7. Запах
- 6.2. Снижение эмиссий загрязняющих веществ
 - 6.2.1. Снижение выбросов от неорганизованных источников
 - 6.2.2. Снижение выбросов от организованных источников
- 6.3. Снижение сбросов сточных вод
- 6.4. Управление отходами
- 6.5. Требования по ремедиации
- 7. Перспективные техники
 - 7.1. Перспективные направления в производстве алюминия
 - 7.1.1. Перспективные технологии добычи бокситовой руды, беспилотная техника
 - 7.1.2. Беспилотные тяговые агрегаты
 - 7.1.3. Автосамосвалы на альтернативных источниках энергии
 - 7.1.4. Автоматизированная система управления буровыми работами и зарядными машинами
 - 7.1.5. Применение систем высокоточного позиционирования ковша для забойных экскаваторов
 - 7.1.6. Применение беспилотных летательных аппаратов для производства маркшейдерских работ
 - 7.1.7. Высокопроизводительная проходка горных выработок
 - 7.1.8. Использование сплавов и износостойких материалов
 - 7.1.9. Автоматизированный аппаратный контроль состояния ствола, подъемных сосудов, канатов
 - 7.1.10. Интеллектуальный карьер
 - 7.1.11. Цифровизация управления процессами железнодорожной перевозки горной массы
 - 7.1.12. Использование присадок для дизельного топлива
 - 7.2. Перспективные направления в производстве глинозема
 - 7.2.1. Установка печей кальцинации циклонного типа
 - 7.2.2. Производство глинозема по способу спекания нефелинов
 - 7.2.3. Байер-гидрогранатовая технология переработки железистых бокситов
 - 7.2.4. Использование низкосортного технологического топлива в производстве глинозема

7.3. Перспективные технологии при производстве первичного алюминия

7.3.1. Инертные аноды

7.3.2. Электролизеры с мощностью силы тока 400 и 500кА

7.3.3. Снижения выбросов СО на электролизных ваннах путем нанесение специального защитного покрытия анода от окисления и выгорания анода в электролизере

7.3.4. Автоматизированные литейные линии

7.3.5. Технология электролиза ОА в электролизерах второго поколения (300 кА и выше)

7.3.6. Мониторинг и контроль параметров процесса производства алюминия

8. Дополнительные комментарии и рекомендации

Библиография

Список рисунков

| | |
|-------------|--|
| Рисунок 1.1 | Выплавка первичного алюминия в мире, млн. т |
| Рисунок 1.2 | Схема взаимодействия, а -карьера и б - подземного рудника (шахты) с окружающей средой |
| Рисунок 1.3 | Основные источники и виды загрязнения атмосферы при производстве горных работ |
| Рисунок 1.4 | Потоки вод в зоне дамбы хвостохранилища, где нет плотного основания |
| Рисунок 3.1 | Технологические процессы и этапы добычи бокситов |
| Рисунок 3.2 | Разработка карьера открытым способом |
| Рисунок 3.3 | Буровые станки, используемые на карьерах |
| Рисунок 3.4 | Схема производства глинозема с указанием эмиссий, образуемых в процессе производства глинозема |
| Рисунок 3.5 | Процесс электролиза |
| Рисунок 4.1 | Пример системы рециркуляции воды для охлаждения |
| Рисунок 5.1 | Сравнение обычного электродвигателя с энергоэффективным |
| Рисунок 5.2 | Стабилизация дисперсного состава гидрата |
| Рисунок 5.3 | Движение воздушно-водяной смеси при мокром методе пылеподавления |
| Рисунок 5.4 | Схема движения воды при мокром бурении скважин и шпуров ручными перфораторами |
| Рисунок 5.5 | Схема пылеулавливающей установки |
| Рисунок 5.6 | Модель движения воздушно-пылевой смеси в укрытии при использовании полок |
| Рисунок 5.7 | Генератор тумана, используемый для снижения пыли в забое |

| | |
|--------------|--|
| Рисунок 5.8 | Воздухоочистительная установка, размещенная на сопряжении у устья выработки по ходу вентиляционной струи |
| Рисунок 5.9 | Воздухоочистительная установка, размещенная в забое выработки |
| Рисунок 5.10 | Использование ветровых экранов |
| Рисунок 5.11 | Конструкция рукавного фильтра |
| Рисунок 5.12 | Принцип работы циклона |
| Рисунок 5.13 | Принцип работы электрофильтра |
| Рисунок 5.14 | Структурная схема каталитического термического окислителя |
| Рисунок 5.15 | Схема очистки газов по технологии "ABART" |
| Рисунок 5.16 | Аппаратурно-технологическая схема очистки газов |
| Рисунок 5.17 | Схематичное изображение системы СКВ |
| Рисунок 5.18 | Схема установки медно-аммиачной очистки газов |
| Рисунок 5.19 | Некаталитическое дожигание CO |
| Рисунок 5.20 | Каталитическое дожигание CO |
| Рисунок 5.21 | Принцип работы РТО |
| Рисунок 5.22 | Конструкция РТО |
| Рисунок 5.23 | Виды сточных вод |
| Рисунок 5.24 | Методы механической очистки сточных вод |
| Рисунок 5.25 | Химические и физико-химические методы очистки сточных вод |
| Рисунок 5.26 | Классическая схема биологической очистки стоков |
| Рисунок 7.1 | Мировой опыт внедрения беспилотных технологий |
| Рисунок 7.2 | Аппаратурно-технологическая схема печи кальцинации циклонного типа |
| Рисунок 7.3 | Анод и ниппеля с нанесенным покрытием |

Список таблиц

| | |
|--------------|---|
| Таблица 1.1 | Список стран по выплавке первичного алюминия |
| Таблица 1.2 | Полный список стран по экспорту алюминия |
| Таблица 1.3 | Единый технологический процесс КБРУ |
| Таблица 1.4 | Единый технологический процесс производство глинозема |
| Таблица 1.5 | Технические сооружения АО "КЭЗ" |
| Таблица 1.6 | Перечень предприятий алюминиевой промышленности Республики Казахстан |
| Таблица 1.7 | Требования к химическому составу глинозема |
| Таблица 1.8 | Требования к физическим свойствам глинозема |
| Таблица 1.9 | Требования к химическому составу искусственного технического криолита |
| Таблица 1.10 | Требования к химическому составу фтористого кальция |

| | |
|--------------|--|
| Таблица 1.11 | Требования к химическому составу кальцинированной соды |
| Таблица 1.12 | Химический состав анода |
| Таблица 1.13 | Состав и качественные характеристики сырья, материалов и энергоресурсов |
| Таблица 1.14 | Производственные мощности алюминиевой отрасли Казахстана |
| Таблица 1.15 | Запасы бокситовых руд в Казахстане |
| Таблица 1.16 | Производство промышленной продукции в производстве алюминия в натуральном выражении в Республике Казахстан за 2021 год |
| Таблица 1.17 | Динамика добычи бокситов КБРУ, тыс. тонн |
| Таблица 1.18 | Динамика производства глинозема, тонн/год |
| Таблица 1.19 | Динамика производства АО "КЭЗ", тонн/год |
| Таблица 1.20 | Удельные уровни потребления сырьевых материалов для основного единого технологического процесса на единицу производимой продукции предприятия А1/2 |
| Таблица 1.21 | Сравнение удельных показателей расхода энергоресурсов |
| Таблица 1.22 | Удельные уровни потребления сырьевых материалов для основного единого технологического процесса на единицу производимой продукции предприятия А2 |
| Таблица 1.23 | Сравнение удельных показателей расхода и энергоресурсов |
| Таблица 1.24 | Удельные уровни потребления сырьевых материалов для основного единого технологического процесса на единицу производимой продукции предприятия А3 |
| Таблица 1.25 | Удельный расход энергоресурсов |
| Таблица 1.26 | Нормативы расхода электроэнергии на единицу продукции |
| Таблица 1.27 | Сравнение фактического и нормативного расхода электроэнергии на единицу продукции |
| Таблица 1.28 | Вещества, дающие наибольший вклад в выбросы А3 |
| Таблица 1.29 | Основные источники выбросов А3 |
| Таблица 1.30 | Показатели сброса сточных вод в пруд-испаритель в 2019 г |
| Таблица 1.31 | Перечень отходов основных производственных процессов |
| Таблица 2.1 | Ориентировочные справочные значения осуществимости инвестиций в охрану окружающей среды |
| Таблица 2.2 | Ориентировочные справочные затраты на внедрение технологии из расчета на единицу массы загрязняющего вещества |

| | |
|--------------|--|
| Таблица 3.1 | Технологические процессы и этапы добычи бокситов |
| Таблица 3.2 | Технологические процессы и этапы производства глинозема |
| Таблица 3.3 | Технологические процессы и этапы производства первичного алюминия |
| Таблица 3.4 | Типы применяемого оборудования на карьерах по добыче бокситовой руды |
| Таблица 3.5 | Общие сведения о типах применяемого оборудования на карьерах по добыче бокситовой руды |
| Таблица 3.6 | Общие сведения о типах применяемого оборудования на карьерах по добыче бокситовой руды |
| Таблица 3.7 | Выбросы пыли в атмосферный воздух (по данным КТА) при снятии ПСП |
| Таблица 3.8 | Объемы выбросов пыли при проведении вскрышных работ |
| Таблица 3.9 | Объемы выбросов пыли при проведении буровзрывных работ |
| Таблица 3.10 | Текущие объемы потребления энергетических ресурсов |
| Таблица 3.11 | Выбросы пыли в атмосферный воздух при производстве глинозема (по данным КТА) |
| Таблица 3.12 | Выбросы NO _x в атмосферный воздух при производстве глинозема (по данным КТА) |
| Таблица 3.13 | Выбросы CO в атмосферный воздух при производстве глинозема (по данным КТА) |
| Таблица 3.14 | Выбросы SO ₂ в атмосферный воздух при производстве глинозема (по данным КТА) |
| Таблица 3.15 | Текущие объемы потребления энергетических ресурсов при производстве глинозема |
| Таблица 3.16 | Основные показатели оборудования электролиза алюминия |
| Таблица 3.17 | Основное оборудование электролизного производства |
| Таблица 3.18 | Выбросы пыли (алюминий оксид) в атмосферный воздух (по данным КТА) при производстве алюминия |
| Таблица 3.19 | Выбросы SO ₂ в атмосферный воздух (по данным КТА) при производстве алюминия |
| Таблица 3.20 | Выбросы CO в атмосферный воздух (по данным КТА) при производстве алюминия |
| Таблица 3.21 | Выбросы неорганических фторидов в атмосферный воздух (по данным КТА) при производстве алюминия |

Таблица 3.22

| | |
|--------------|---|
| | атмосферный воздух (по данным КТА) при производстве алюминия |
| Таблица 3.23 | Текущие объемы потребления энергетических ресурсов при производстве алюминия |
| Таблица 3.24 | Химический состав и физические свойства обожженных анодов |
| Таблица 3.25 | Выбросы пыли в атмосферный воздух (по данным КТА) при производстве обожженных анодов |
| Таблица 3.26 | Выбросы SO ₂ в атмосферный воздух (по данным КТА) при производстве обожженных анодов |
| Таблица 3.27 | Выбросы CO в атмосферный воздух (по данным КТА) при производстве обожженных анодов |
| Таблица 3.28 | Выбросы фтористых газообразных соединений в атмосферный воздух (по данным КТА) при производстве обожженных анодов |
| Таблица 3.29 | Выбросы бенз(а)пирена в атмосферный воздух (по данным КТА) при производстве обожженных анодов |
| Таблица 3.30 | Текущие объемы потребления энергетических ресурсов при производстве обожженных анодов |
| Таблица 3.31 | Выбросы пыли в атмосферный воздух (по данным КТА) при вспомогательных процессах |
| Таблица 4.1 | Обзор потоков сточных вод и методов их очистки и минимизации |
| Таблица 5.1 | Содержание компонентов в некондиционных бокситах |
| Таблица 5.2 | Распределение компонентов в песках классификации, поступающих на домол |
| Таблица 5.3 | Ситовая характеристика и производительность мельниц |
| Таблица 5.4 | Химический состав спека, % |
| Таблица 5.5 | Результаты по укрупнению гидрата |
| Таблица 5.6 | Влияние подпорной стенки на показатели взрывания пород |
| Таблица 5.7 | Расход солей для гидрозабойки при отрицательных температурах воздуха |
| Таблица 5.8 | Сравнение фильтров по эффективности очистки |
| Таблица 5.9 | Основные параметры циклонов ЦН-11, ЦН-15, ЦН-24 |
| Таблица 5.10 | Эффективность очистки при использовании циклонов |
| Таблица 5.11 | Параметры гибридных фильтров |
| Таблица 5.12 | Эффективность очистки и уровни выбросов, связанные с использованием электрофильтров |
| Таблица 5.13 | Глинозем (из требований фирмы Альстом - Норвегия) |
| Таблица 5.14 | Температура газа |

| | |
|--------------|--|
| Таблица 5.15 | Состав газа на входе ГОУ |
| Таблица 5.16 | Эффективность улавливания вредных веществ ГОУ |
| Таблица 5.17 | Стандартные органические соединения |
| Таблица 5.18 | Преобразования ЛОС в инертные соединения |
| Таблица 5.19 | Отличительные характеристики разных видов сточных вод |
| Таблица 5.20 | Характеристика методов механической очистки сточных вод |
| Таблица 5.21 | Характеристика методов химической очистки |
| Таблица 5.22 | Физико-химические методы очистки |
| Таблица 5.23 | Сравнительная характеристика аэробной и анаэробной очистки |
| Таблица 5.24 | Использование отходов горнодобывающей промышленности в отраслях |
| Таблица 5.25 | Состав отработанной футеровки электролизера |
| Таблица 6.1 | Технологические показатели выбросов пыли в процессах, связанных с дроблением, классификацией (грохочением), транспортировкой, хранением |
| Таблица 6.2 | Технологические показатели выбросов пыли при производстве глинозема (для передела кальцинации) |
| Таблица 6.3 | Технологические показатели выбросов пыли при производстве глинозема (для передела спекания) |
| Таблица 6.4 | Технологические показатели выбросов пыли при производстве обожженных анодов |
| Таблица 6.5 | Технологические показатели выбросов пыли при электролитическом производстве первичного алюминия |
| Таблица 6.6 | Технологические показатели выбросов пыли при производстве первичного алюминия и его сплавов на автоматизированной литейной линии |
| Таблица 6.7 | Технологические показатели выбросов SO ₂ при электролитическом производстве первичного алюминия |
| Таблица 6.8 | Технологические показатели сбросов при сбросах карьерных и шахтных сточных вод при добыче бокситов, поступающих в поверхностные водные объекты |
| Таблица 7.1 | Сравнительные характеристики печей кальцинации |

Глоссарий

Настоящий глоссарий предназначен для облегчения понимания информации, содержащейся в настоящем справочнике по наилучшим доступным техникам "Производство алюминия" (далее – справочник по НДТ). Определения терминов в этом

гlossарии не являются юридическими определениями (даже если некоторые из них могут совпадать с определениями, приведенными в нормативных правовых актах Республики Казахстан).

Гlossарий представлен следующими разделами:

- термины и их определения;
- аббревиатуры и их расшифровка;
- химические элементы;
- химические формулы;
- единицы измерения.

Термины и их определения

В настоящем справочнике по НДТ используются следующие термины:

| | | |
|-------------------------------------|---|--|
| сточные воды | - | воды, образующиеся в результате хозяйственной деятельности человека или на загрязненной территории; |
| извлечение | - | оценка полноты использования исходного сырья в разделительных технологических процессах. Извлечение определяется как отношение количества извлекаемого вещества, перешедшего в данный продукт, к его количеству в исходном материале (в процентах или долях единиц). В металлургии чаще всего извлечение определяют для процессов обогащения и получаемых продуктов: концентратов, штейнов и др. При этом различают товарное извлечение, определяемое через отношение масс извлекаемого компонента в товарном продукте и сырье, и технологическое извлечение, определяемое по концентрациям компонента в исходных и всех конечных продуктах технологического процесса. |
| альфа глинозем (а-фракция (корунд)) | - | безводная форма окиси алюминия с плотностью 4 г/см ³ ; |
| ангидрид | - | химическое соединение какого-либо неметалла с кислородом, которое можно получить, извлекая воду из кислоты; |

| | | |
|----------------------------------|---|---|
| анион | - | отрицательно заряженный ион – ион, который притягивается к аноду в электрохимических реакциях; |
| анод | - | положительный электрод; |
| первичное производство | - | производство металлов с использованием руд и концентратов; |
| нейтрализация | - | реакция взаимодействия кислоты и основания с образованием соли и слабо диссоциирующего вещества; |
| валковая дробилка | - | тип вторичной дробилки, состоящей из тяжелой рамы, на которой установлены два валька. Порода, подаваемая сверху, сжимается между движущимися вальками, измельчается и выгружается снизу. |
| тонна условного топлива (т у.т.) | - | единица измерения энергии, равная 29,3 ГДж, определяется как количество энергии, выделяющееся при сгорании 1 тонны каменного угля; |
| боксит | - | алюминиевая руда, состоящая из гидратов оксида алюминия, оксидов железа и кремния, сырье для получения глинозема и глиноземсодержащих огнеупоров. Содержание глинозема в промышленных бокситах колеблется от 40 % до 60 % и выше. |
| ванна | - | раствор химических веществ для удельной поверхностной обработки, например, травильная ванна. Термин также относится к соответствующему резервуару или рабочей станции в последовательности процессов. |
| гамма глинозем (g-глинозем) | - | содержит 1-2 % влаги, гигроскопичен и имеет плотность 3,4 г/см ³ , при температуре 1000–1200 °С переходит в а-модификацию; |
| глинозем | - | оксид алюминия Al ₂ O ₃ , применяемый для получения алюминия; наиболее эффективная и передовая стадия развития видов деятельности и методов их |

| | | |
|-----------------------------|---|--|
| наилучшие доступные техники | - | <p>осуществления, которая свидетельствует об их практической пригодности для того, чтобы служить основой установления технологических нормативов и иных экологических условий, направленных на предотвращение или, если это практически неосуществимо, минимизацию негативного антропогенного воздействия на окружающую среду;</p> |
| щековая дробилка | - | <p>машина для уменьшения размера материала путем удара или дробления между неподвижной и колеблющейся пластинами;</p> |
| горелка-дожигатель | - | <p>специально разработанная дополнительная установка для сжигания с системой обжига, которая обеспечивает время, температуру и перемешивание с достаточным количеством кислорода для окисления органических соединений до диоксида углерода. Установки могут быть спроектированы таким образом, чтобы использовать энергоёмкость необработанного газа для обеспечения большей части требуемой тепловой мощности и энергоэффективности.</p> |
| камера дожигания | - | <p>термин, применяемый к зоне, расположенной после начальной камеры сгорания, где происходит прогар газа (также упоминается как вторичная камера сгорания или ВКС);</p> |
| катод | - | <p>электрод, на котором происходят реакции восстановления;</p> |
| руда | - | <p>минеральные или различные накопленные полезные ископаемые (включая уголь), имеющие достаточную ценность с точки зрения качества и количества, которые можно добывать с прибылью. Большинство руд – это смеси экстрагируемых минералов и посторонних каменистых материалов, описанных как "пустые".</p> <p>процесс удаления воды из подземного рудника, открытого</p> |

| | | |
|---|---|---|
| осушение | - | <p>карьера, или из вмещающей горной породы, немоналитной области. Этот термин также обычно используется для снижения содержания воды в концентратах, отходах обогащения и переработанных шламах.</p> |
| комплексный подход | - | <p>подход, учитывающий более чем одну природную среду. Преимущество данного подхода состоит в комплексной оценке воздействия предприятия на окружающую среду в целом. Это уменьшает возможность переноса воздействия с одной среды на другую без учета последствий для такой среды. Комплексный (межкомпонентный) подход требует серьезного взаимодействия и координации деятельности различных органов (ответственных за состояние воздуха, воды, утилизацию отходов и т. д.).</p> |
| комплексный технологический аудит (КТА) | - | <p>процесс экспертной оценки применяемых на предприятиях техник (технологий, способов, методов, процессов, практики, подходов и решений), направленных на предотвращение и (или) минимизацию негативного антропогенного воздействия на окружающую среду, в том числе путем сбора соответствующих сведений и (или) посещений объектов, подпадающих под области применения наилучших доступных техник;</p> |
| классификация | - | <p>разделение сыпучего продукта неоднородного по размеру частиц на две или более фракции частиц определенного размера с помощью просеивающего устройства;</p> |
| действующая установка | - | <p>стационарный источник эмиссий, расположенный на действующем объекте (предприятии) и введенный в эксплуатацию до введения в действие настоящего справочника по НДТ. К действующим установкам не относятся реконструируемые и (</p> |

| | | |
|---------------------------------|---|--|
| | | или) модернизированные установки после введения в действие настоящего справочника по НДТ. |
| концентрат | - | товарный продукт после разделения на обогатительной фабрике с повышенным содержанием ценных минералов; |
| воздействие на окружающую среду | - | любое отрицательное или положительное изменение в окружающей среде, полностью или частично являющееся результатом экологических аспектов организации; |
| криолит | - | редкий минерал из класса природных фторидов, гексафтороалюминат натрия $\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$. Используется в процессе электролитического получения алюминия, нагревая до 1010 °С в расплаве криолита растворяют оксид алюминия для последующего электролиза. |
| кросс-медиа эффекты | - | возможный сдвиг экологической нагрузки от одного компонента окружающей среды к другому. Любые побочные эффекты и отрицательные последствия, вызванные внедрением технологии. |
| вторичное производство | - | производство металлов с использованием остатков и / или отходов, включая переплавку и легирование; |
| утилизация отходов | - | процесс использования отходов в иных, помимо переработки, целях, в том числе в качестве вторичного энергетического ресурса для извлечения тепловой или электрической энергии, производства различных видов топлива, а также в качестве вторичного материального ресурса для целей строительства, заполнения (закладки, засыпки) выработанных пространств (пустот) в земле или недрах или в инженерных целях при создании или изменении ландшафтов; |
| | | механические, физические, химические и / или биологические процессы, направленные на |

| | | |
|----------------------------------|---|---|
| переработка отходов | - | <p>извлечение из отходов полезных компонентов, сырья и / или иных материалов, пригодных для использования в дальнейшем в производстве (изготовлении) продукции, материалов или веществ вне зависимости от их назначения;</p> <p>физико-химический процесс получения металлов из их оксидов</p> |
| восстановительный процесс | - | <p>, связыванием кислорода восстановителем – веществом, способным соединиться с кислородом;</p> <p>вещества или группы веществ, которые обладают одним или несколькими опасными свойствами, такими как токсичность, стойкость и биоаккумулятивность или классифицируются как опасные для человека или окружающей среды;</p> |
| опасные вещества | - | <p>основное воздействие (я) на окружающую среду, которое должно рассматриваться с помощью технологии (процесса или борьбы), включая достигнутые значения выбросов и эффективность работы. Экологические выгоды метода по сравнению с другими.</p> |
| достигнутые экологические выгоды | - | <p>общий термин, используемый для изделий в их (почти) готовой обработке, сформированных путем затвердевания металла или сплава в форме;</p> |
| отливка (заготовка) | - | <p>твердые отходы процесса Байера – обогащения боксита с получением глинозема;</p> |
| красный шлам | - | <p>любые вещества в твердом, жидком, газообразном или парообразном состоянии, которые при их поступлении в окружающую среду в силу своих качественных или количественных характеристик нарушают естественное равновесие природной среды, ухудшают качество компонентов природной среды, способны причинить</p> |
| загрязняющее вещество | - | |

| | | |
|---------------------------------|---|---|
| сброс загрязняющих веществ | - | экологический ущерб либо вред жизни и (или) здоровью человека; поступление содержащихся в сточных водах загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, недра или на земную поверхность; |
| выброс загрязняющих веществ | - | поступление загрязняющих веществ в атмосферный воздух от источников выброса; |
| маркерные загрязняющие вещества | - | наиболее значимые для эмиссий конкретного вида производства или технологического процесса загрязняющие вещества, которые выбираются из группы характерных для такого производства или технологического процесса загрязняющих веществ, и с помощью которых возможно оценить значения эмиссий всех загрязняющих веществ, входящих в группу; |
| мониторинг | - | систематическое наблюдение за изменениями определенной химической или физической характеристики выбросов, сбросов, потребления, эквивалентных параметров или технических мер и т. д.; |
| удельный расход потребления ТЭР | - | единица измерения, используемая для определения энергетической емкости производственного (технологического) процесса; |
| измерение | - | набор операций для определения значения количества; |
| эксплуатационные данные | - | данные о производительности по выбросам/отходам и потреблению, например, сырья, воды и энергии. Любая другая полезная информация о том, как управлять, поддерживать и контролировать, включая аспекты безопасности, ограничения работоспособности техники, качество вывода и т. д.; |
| печь | - | агрегат, внутри которого металлосодержащие материалы подвергаются при помощи тепловой энергии требуемым физико-химическим |

| | | |
|----------------------------|---|--|
| | | <p>превращениям для того, чтобы извлекать, рафинировать и обрабатывать металлы;</p> <p>предназначены для извлечения тепла из горячих газов с использованием двух или более огнеупорных масс, которые альтернативно нагреваются, а затем используются для предварительного нагрева воздуха для горения;</p> |
| регенеративные горелки | - | |
| рекуперативные горелки | - | они предназначены для циркуляции горячих газов в системе горелки для восстановления тепла, см. также регенеративные горелки; |
| фильтрация | - | процесс разделения суспензии на жидкую и твердую фазы с помощью фильтров различной конструкции; |
| отбор проб | - | процесс, посредством которого часть вещества, материала или продукта удаляется, чтобы сформировать представительную пробу контролируемого продукта; |
| рафинирование | - | очистка металлов от примесей; |
| анализ | - | исследование, а также его метод и процесс, имеющие цель установление одной или нескольких характеристик (состава, состояния, структуры) вещества в целом или отдельных его ингредиентов; |
| технический кислород | - | кислород, который был отделен от азота для получения более 97 % O ₂ ; |
| технологические показатели | - | уровни эмиссий, связанные с применением наилучших доступных техник, выраженные в виде предельного количества (массы) маркерных загрязняющих веществ на единицу объема эмиссий (мг/Нм ³ , мг/л) и (или) количества потребления электрической и (или) тепловой энергии, иных ресурсов в расчете на единицу времени или единицу производимой продукции (товара), выполняемой работы, оказываемой услуги, которые могут быть достигнуты при нормальных условиях |

| | | |
|---------------------------------------|---|--|
| | | эксплуатации объекта с применением одной или нескольких наилучших доступных техник, описанных в заключении по наилучшим доступным техникам, с учетом усреднения за определенный период времени и при определенных условиях; |
| дожигание | - | сжигание выхлопных газов путем впрыска воздуха или использования горелки (например, для уменьшения количества СО и летучих органических соединений); |
| окислительный процесс | - | химический процесс, сопровождающийся увеличением степени окисления атома окисляемого вещества посредством передачи электронов от атома восстановителя (донора электронов) к атому окислителя (акцептору электронов); |
| дымовой газ | - | смесь продуктов сгорания и воздуха, выходящая из камеры сгорания и направленная вверх по выхлопной трубе, и которая должна быть выпущена; |
| прямые измерения | - | конкретное количественное определение выбрасываемых соединений в источнике; |
| измельчение | - | процесс измельчения дает мелкозернистый продукт (<1 мм), где уменьшение размера достигается за счет истирания и ударов и иногда поддерживается свободным движением несвязанных средств, таких как стержни, шарики и каменная крошка; |
| дробление | - | достигается путем обсадки руды по жестким поверхностям или ударного воздействия по поверхностям в неподвижном направлении принудительного движения; |
| летучие органические соединения (ЛОС) | - | любое органическое соединение, имеющее при 293,15 К давление паров 0,01 кПа или более, или имеющее соответствующую летучесть при определенных условиях использования; |

| | | |
|--------------------------|---|--|
| пыль | - | твердые частицы размером от субмикроскопического до макроскопического, любой формы, структуры или плотности, рассеянные в газовой фазе; |
| шихта | - | сырьевая смесь для получения металлов, состоящая из концентратов, флюсов, восстановителей и т.п; |
| отходящий газ | - | общий термин для газа/воздуха, возникающего в результате процесса или эксплуатации (см. также дымовые газы); |
| движущая сила внедрения | - | причины реализации технологии, например, законодательство, улучшение качества продукции; |
| экологическое разрешение | - | документ, удостоверяющий право индивидуальных предпринимателей и юридических лиц на осуществление негативного воздействия на окружающую среду и определяющий экологические условия осуществления деятельности; |
| экономика | - | информация о затратах (инвестиции и операции) и любой возможной экономии, например, снижении потребления сырья, сборе отходов, а также связанная с возможностями техники; |
| электрод | - | проводник, посредством которого электрический ток входит или выходит из электролита в электрохимической реакции (см. также анод и катод); |
| электролиз | - | физико-химический процесс, состоящий в выделении на электродах составных частей растворенных или других веществ, являющихся результатом вторичных реакций на электродах, которые возникают при прохождении электрического тока через раствор либо расплав электролита; |
| электролит | - | вещество, которое способно проводить электрический ток в растворе или в расплавленном состоянии; |
| | | стадия электролитического производства, в которой используется инертный |

электролитическое выделение (ЭВ -)

металлический анод и нужный металл в электролите, осаждаемый на катоде;

электрофильтр -

устройство, в котором очистка газов от аэрозольных, твердых или жидких частиц происходит под действием электрических сил.

Аббревиатуры и их расшифровка

Аббревиатуры

АО
ИЗА
СПУ
ИТС
ЦЭА
ГОУ
НДТ
ТОО
ОА
КБРУ
КТА
КЭР
ТБО
АО "КЭЗ"
ЗВ
БПК
ХПК
ПАЗ
КПД
ПСП
АСУТП
РГМ
СЭМ
СЭнМ
ППР
ЛОС

Расшифровка

акционерное общество
источник загрязнения атмосферы
смесительно-прессовой участок
информационно-технический справочник
цех электролиза алюминия
газоочистная установка
наилучшие доступные техники
товарищество с ограниченной ответственностью
обоженные аноды
Краснооктябрьское бокситовое рудоуправление
комплексный технологический аудит
комплексное экологические разрешение
твердые бытовые отходы
АО "Казахстанский электролизный завод"
загрязняющие вещества
биохимическое потребление кислорода
химическое потребление кислорода
Павлодарский алюминиевый завод
коэффициент полезного действия
плодородный слой почвы
автоматизированная система управления технологическим процессом
рудная горная масса
система экологического менеджмента
система энергетического менеджмента
планово-предупредительный ремонт
летучие органические соединения

Химические элементы

| Символ | Название | Символ | Название |
|--------|----------|--------|----------|
| Ag | серебро | Mg | магний |
| Al | алюминий | Mn | марганец |
| As | мышьяк | Mo | молибден |
| | | | |

| | | | |
|----|----------|----|----------|
| Au | золото | N | азот |
| B | бор | Na | натрий |
| Ba | барий | Nb | ниобий |
| Be | бериллий | Ni | никель |
| Bi | висмут | O | кислород |
| C | углерод | Os | осмий |
| Ca | кальций | P | фосфор |
| Cd | кадмий | Pb | свинец |
| Cl | хлор | Pd | палладий |
| Co | кобальт | Pt | платина |
| Cr | хром | Re | рений |
| Cs | цезий | Rh | родий |
| Cu | медь | Ru | рутений |
| F | фтор | S | сера |
| Fe | железо | Sb | сурьма |
| Ga | галлий | Se | селен |
| Ge | германий | Si | кремний |
| H | водород | Sn | олово |
| He | гелий | Ta | тантал |
| Hg | ртуть | Te | теллур |
| I | йод | Ti | титан |
| In | индий | Tl | таллий |
| Ir | иридий | V | ванадий |
| K | калий | W | вольфрам |
| Li | литий | Zn | цинк |

Химические формулы

| Химическая формула | Название (описание) |
|--------------------------------|----------------------------------|
| Al_2O_3 | оксид алюминия |
| CO | монооксид углерода |
| CO ₂ | диоксид углерода |
| CaO | оксид кальция, гидроксид кальция |
| FeO | оксид железа |
| Fe ₂ O ₃ | оксид железа трехвалентный |
| H ₂ O ₂ | перекись водорода |
| H ₂ S | сероводород |
| H ₂ SO ₄ | серная кислота |
| HCl | хлороводородная кислота |
| HF | фтороводородная кислота |
| HNO ₃ | азотная кислота |

| | |
|------------|---|
| K_2O | оксид калия |
| MgO | оксид магния, магнезия |
| MnO | оксид марганца |
| $NaOH$ | гидроокись натрия |
| $NaCl$ | хлорид натрия |
| $CaCl_2$ | хлорид калия |
| Na_2CO_3 | карбонат натрия |
| Na_2SO_4 | сульфат натрия |
| NO_2 | двуокись азота |
| NO_x | смесь оксида азота (NO) и диоксида азота (NO_2), выраженная в виде NO_2 |
| $PbCO_3$ | карбонат свинца |
| PbO | оксид свинца |
| Pb_3O_4 | тетраоксид трисвинца |
| PbS | сульфид свинца |
| $PbSO_4$ | сульфат свинца |
| SiO_2 | двуокись кремния, оксид кремния |
| SO_2 | двуокись серы |
| SO_3 | трехокись серы |
| SO_x | оксиды серы - SO_2 и SO_3 |
| ZnO | оксид цинка |

Единицы измерения

| Символ единицы измерения | Название единиц измерения | Наименование измерения (символ измерения) | Преобразование и комментарии |
|--------------------------|---------------------------|---|------------------------------|
| бар | бар | давление (Д) | 1.013 бар = 100 кПа = 1 атм |
| °C | градус Цельсия | температура (Т), разница температур (РТ) | |
| г | грамм | вес | |
| ч | час | время | |
| К | Кельвин | температура (Т) разница температур (АТ) | 0 °C = 273.15 К |
| кг | килограмм | вес | |
| кДж | килоджоуль | энергия | |
| кПа | килопаскаль | давление | |
| кВт ч | киловатт-час | энергия | 1 кВт ч = 3 600 кДж |
| л | литр | объем | |
| м | метр | длина | |
| | | | |

| | | | |
|-----------------|----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| м ² | квадратный метр | площадь | |
| м ³ | кубический метр | объем | |
| мг | миллиграмм | вес | 1 мг = 10 ⁻³ г |
| мм | миллиметр | | 1 мм = 10 ⁻³ м |
| МВт | мегаватт тепловой мощности | тепловая мощность, теплоэнергия | |
| нм ³ | нормальный кубический метр | объем | при 101.325 кПа, 273.15 К |
| Па | паскаль | | 1 Па = 1 Н/м ² |
| ppb. | частей на миллиард | состав смесей | 1 ppb = 10 ⁻⁹ |
| ppm | частей на миллион | состав смесей | 1 ppm = 10 ⁻⁶ |
| об/мин | число оборотов в минуту | скорость вращения, частота | |
| т | метрическая тонна | вес | 1 т = 1 000 кг или 10 ⁶ г |
| т/сут | тонн в сутки | массовый расход, расход материала | |
| т/год | тонн в год | массовый расход, расход материала | |
| об% | процентное соотношение по объему | состав смесей | |
| кг-% | процентное соотношение по весу | состав смесей | |
| Вт | ватт | мощность | 1 Вт = 1 Дж/с |
| В | вольт | напряжение | 1 В = 1 Вт/1 А (А - Ампер, сила тока) |
| г | год | время | |

Предисловие

Краткое описание содержания справочника по наилучшим доступным техникам: взаимосвязь с международными аналогами

Справочник по НДТ представляет собой документ, включающий уровни эмиссий, объемы образования, накопления и захоронения основных производственных отходов, потребления ресурсов и технологические показатели, связанные с применением НДТ, а также заключение, содержащее выводы по НДТ и любые перспективные техники. Термин "наилучшие доступные техники" введен в Экологический кодекс Республики Казахстан в ст. 113 (далее – Экологический кодекс), согласно которому НДТ – это технология производства продукции (товаров), выполнения работ, оказания услуг, определяемая на основе современных достижений науки и техники и наилучшего сочетания критериев достижения охраны окружающей среды при условии наличия технической возможности ее применения.

Перечень областей применения НДТ утвержден в приложении 3 к Экологическому кодексу.

Настоящий справочник по НДТ содержит описание применяемых при производстве алюминия технологических процессов, оборудования, технических способов, методов, направленных на снижение нагрузки на окружающую среду (выбросы, сбросы, размещение отходов), повышение уровня энергоэффективности, обеспечение экономии ресурсов на производствах, относящихся к области применения НДТ. Из числа описанных технологических процессов, технических способов, методов выделены решения, отнесенные к НДТ, а также установлены технологические показатели, соответствующие выделенным НДТ.

Разработка справочника по НДТ проводилась в соответствии с порядком определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также согласно положениям постановления Правительства Республики Казахстан от 28 октября 2021 года № 775 "Об утверждении Правил разработки, применения, мониторинга и пересмотра справочников по наилучшим доступным техникам" (далее – Правила).

При разработке справочника по НДТ учтен наилучший мировой опыт с учетом необходимости обоснованной адаптации к климатическим, экономическим, экологическим условиям и сырьевой базе Республики Казахстан, обуславливающим техническую и экономическую доступность НДТ в области применения. При разработке справочника по НДТ использовались аналогичные и сопоставимые справочные документы:

1. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the main Non-Ferrous Metals Industries [1].

2. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 13–2020 [2].

3. Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency [3].

4. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 48–2017 [4].

5. Предотвращение и контроль промышленного загрязнения [5].

Технологические показатели, связанные с применением одной или нескольких в совокупности НДТ, для технологического процесса определены технической рабочей группой по разработке справочника по наилучшим доступным техникам "Производство алюминия".

Текущее состояние эмиссий в атмосферу от промышленных предприятий по производству алюминия составляет порядка 36 тыс. тонн в год. Готовность алюминиевой отрасли к переходу на принципы НДТ составляет порядка 70 % при несоответствии уровням эмиссий, установленным в сопоставимых справочных документах Европейского союза.

При переходе на принципы НДТ прогнозируемое сокращение эмиссий в окружающую среду составит 75 %, или снижение порядка 25 тыс. тонн в год.

Предполагаемый объем инвестиций 82,5 млрд тенге. Внедрение НДТ предусматривает индивидуальный подход к выбору НДТ с учетом экономики конкретного предприятия и готовности предприятия к переходу на принципы НДТ, выбора страны производителя НДТ, мощностных показателей, габаритов НДТ и степени локализации НДТ.

Модернизация производственных мощностей с применением современных и эффективных техник будет способствовать ресурсосбережению и оздоровлению окружающей среды до соответствующих уровней, отвечающих эмиссиям стран Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР).

Информация о сборе данных

В справочнике по НДТ использованы фактические данные по технико-экономическим показателям, выбросам загрязняющих веществ в воздух и сбросам в водную среду предприятий, осуществляющих производство алюминия в Республике Казахстан за 2018-2021 годы, полученные по результатам комплексного технологического аудита и анкетирования, проведенных подведомственной организацией уполномоченного органа в области охраны окружающей среды, осуществляющей функции Бюро по НДТ.

В справочнике по НДТ использованы данные Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан, компаний, осуществляющих производство технологических систем и оборудования производства алюминия.

Информация о применяемых на промышленных предприятиях технологических процессах, оборудовании, источниках загрязнения окружающей среды, технологических, технических и организационных мероприятиях, направленных на снижение загрязнения окружающей среды и повышение энергоэффективности и ресурсосбережения, была собрана в процессе разработки справочника по НДТ в соответствии с Правилами.

Взаимосвязь с другими справочниками НДТ

Справочник по НДТ является одним из серии разрабатываемых в соответствии с требованием Экологического кодекса справочников по НДТ и имеет связь с:

| № п/п | Наименование справочника по НДТ | Связанные процессы |
|-------|--|------------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Очистка сточных вод централизованных систем водоотведения населенных пунктов | Процессы очистки сточных вод |

| | | |
|---|--|------------------------------|
| 2 | Энергетическая эффективность при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности | Энергетическая эффективность |
| 3 | Мониторинг эмиссий загрязняющих веществ в атмосферный воздух и водные объекты | Мониторинг эмиссий |

Область применения

В соответствии с нормами Экологического кодекса настоящий справочник по НДТ распространяется на следующие виды деятельности:

добыча и обогащение руд цветных металлов, производство цветных металлов, в частности:

добыча бокситов алюминий содержащей руды;

производство глинозема – гидрхимический способ получения глинозема из бокситов;

производство первичного алюминия – получение чистого металла с использованием процесса электролиза – распада оксида алюминия на составные части под воздействием электрического тока;

производство анодов и анодной массы;

литейное производство (производство товарной продукции из алюминия-сырца и алюминиевых сплавов).

Область применения настоящего справочника по НДТ, а также технологические процессы, оборудование, технические способы и методы в качестве наилучших доступных техник для области применения настоящего справочника по НДТ определены технической рабочей группой по разработке справочника по наилучшим доступным техникам "Производство алюминия".

Настоящий справочник по НДТ также распространяется на процессы, связанные с основными видами деятельности, которые могут оказать влияние на объемы эмиссий и (или) масштабы загрязнения окружающей среды:

хранение и подготовка сырья;

хранение и подготовка топлива;

производственные процессы (пирометаллургические, гидрометаллургические и электролитические);

методы предотвращения, сокращения эмиссий и образования отходов;

хранение и подготовка продукции.

Справочник по НДТ не распространяется на деятельность, связанную с получением концентратов; процессы, связанные с поверхностной обработкой металлов; вспомогательные процессы (ремонтные, автотранспортные, железнодорожные, монтажные), необходимые для бесперебойной эксплуатации производства.

Принципы применения

Статус документа

Справочник по НДТ предназначен для информирования операторов объекта/объектов, уполномоченных государственных органов и общественности о наилучших доступных техниках и любых перспективных техниках, относящихся к области применения справочника по НДТ с целью стимулирования перехода операторов объекта/объектов на принципы "зеленой" экономики и НДТ.

Определение НДТ осуществляется для отраслей (областей применения НДТ) на основе ряда принятых международных критериев:

применение малоотходных технологических процессов;

высокая ресурсная и энергетическая эффективность производства;

рациональное использование воды, создание водооборотных циклов;

предотвращение загрязнения, отказ от использования (или минимизация применения) особо опасных веществ;

организация повторного использования веществ и энергии (там, где это возможно);

экономическая целесообразность (с учетом инвестиционных циклов, характерных для отраслей применения НДТ).

Положения, обязательные к применению

Положения раздела "6. Заключение, содержащее выводы по наилучшим доступным техникам" справочника по НДТ являются обязательными к применению при разработке заключений по НДТ.

Необходимость применения одного или совокупности нескольких положений заключения по НДТ определяется операторами объектов самостоятельно, исходя из целей управления экологическими аспектами на предприятии при условии соблюдения технологических показателей. Количество и перечень НДТ, приведенных в настоящем справочнике по НДТ, не является обязательным к внедрению.

На основании заключения по НДТ операторами объектов разрабатывается программа повышения экологической эффективности, направленная на достижение уровня технологических показателей, утвержденных в заключениях по наилучшим доступным техникам.

Рекомендательные положения

Рекомендательные положения имеют описательный характер и рекомендованы к анализу процесса установления технологических показателей, связанных с применением НДТ, и при пересмотре справочника по НДТ.

Раздел 1: представлена общая информация об алюминиевой отрасли, о структуре отрасли, технологиях, используемых при производстве алюминия.

Раздел 2: описаны методология отнесения к НДТ, подходы идентификации НДТ.

Раздел 3: описаны основные этапы производственного процесса или производства конечного продукта, представлены данные и информация об экологических характеристиках установок по производству алюминия с точки зрения текущих выбросов, потребления и характера сырья, потребления воды, использования энергии и образования отходов.

Раздел 4: описаны техники, применяемые при осуществлении технологических процессов для снижения их негативного воздействия на окружающую среду и не требующие реконструкции объекта, оказывающего негативное воздействие на окружающую среду.

Раздел 5: представлено описание существующих техник, которые предлагаются для рассмотрения в целях определения НДТ.

Раздел 7: представлена информация о новых и перспективных техниках.

Раздел 8: приведены заключительные положения и рекомендации для будущей работы в рамках пересмотра справочника по НДТ.

1. Общая информация

Настоящий раздел справочника по НДТ содержит общую информацию о конкретной области применения, а также описание основных экологических проблем, характерных для области применения настоящего справочника по НДТ, включая текущие уровни эмиссий, а также потребление энергетических, водных и сырьевых ресурсов.

Алюминий – это легкий металл и является самым распространенным в мире. Благодаря своей легкости, прочности, функциональности и стойкости к коррозии алюминий стал популярен и используется во многих конструкциях (в домах, транспорте, различной технике, в том числе мобильных телефонах и компьютерах, и других предметах быта – холодильниках, микроволновках, мебели и так далее).

Алюминий занимает около 8 % всей земной коры и является третьим по распространенности элементом после кислорода и кремния. Несмотря на свою распространенность, алюминий не встречается в природе в чистом виде. Впервые был получен в 1824 году, спустя 50 лет начал активно использоваться в промышленности [7].

Алюминий в три раза легче железа с прочностью аналогично стали, при этом обладает высокими пластическими свойствами. Он не магнитится и проводит электрический ток, способен образовывать сплавы практически со всеми другими металлами.

Металл используется во всех современных и высокотехнологичных отраслях промышленности – строительной, автомобильной, энергетической, авиационной, пищевой, космической. Также применяется в современной электронной технике, кораблестроении и других отраслях.

Алюминий – химический элемент III группы периодической системы элементов Д. И. Менделеева, легкий и пластичный металл матово-серебристого цвета. Вследствие высокой химической активности алюминий в природе находится только в связанном виде.

Плотность (при нормальных условиях) – $2,69 \text{ г/см}^3$, электропроводность – $37 \times 10^6 \text{ см/м}$.

Уникальные свойства алюминия:

на воздухе моментально образует оксидную защитную пленку, которая способствует высокой коррозионной стойкости металла;

низкая плотность при высокой прочности;

неизменность свойств при низких температурах.

Алюминий обладает амфотерными свойствами, т. е., реагируя с кислотами, образует соответствующие соли, а при взаимодействии со щелочами – алюминаты. Эта особенность существенно расширяет возможности извлечения алюминия из руд различного состава. Алюминий растворяется в серной и соляной кислотах, а также в щелочах, но концентрированная азотная и органическая кислоты на алюминий не действуют.

Алюминий – серебристо-серый металл, в чистом виде – с синеватым оттенком. Природных изотопов не имеет. Искусственно получены радиоактивные изотопы $A126$ и $A128$.

Важнейшие физические свойства чистого алюминия:

| | |
|---|------------------------|
| температура плавления, °C | 660,24 |
| температура кипения, °C | 2497 |
| плотность t - при 20 °C, г/см ³ | $2,6996 \wedge \wedge$ |
| - при 1000 °C г/см ³ | 2,289 |
| удельная теплоемкость при 20 °C, Дж/моль K | 24,35 |
| теплота плавления, Дж/г | 386 |
| теплота испарения, Дж/г | 10900 |
| коэффициент теплопроводности в температурном интервале 0–100 °C, Вт/см-град | 2,35 -2,40 |
| удельное электрическое сопротивление при 20 °C, мкОм-м | 0,0265 |
| коэффициент линейного термического расширения | $23 \cdot 10^{-6}$ |
| твердость по Бринеллю (зависит от состояния поверхности алюминия), кг/мм ² | 15 |
| электрохимический эквивалент, г/А-ч | 0,335 |

Пластические свойства алюминия зависят от его чистоты: чем меньше примесей включает металл, тем легче он подвергается ковке, штамповке, прокатке и резанию. Введение в алюминий меди, цинка, магния и других металлов в сочетании с термической обработкой дает получение высококачественных сплавов, в которых

отношение прочности к плотности выше, чем у легированных сталей. Отражательная способность алюминия всего на 15–20 % меньше, чем у серебра. Электропроводимость алюминия составляет 65 % от электропроводимости меди, а, следовательно, провода одинаковой проводимости из алюминия в 2,16 раза легче медных. В электрохимическом аспекте – алюминий электроотрицательный элемент, его стандартный электродный потенциал равен 1,67 В. На воздухе алюминий покрывается тонкой (порядка 10–5 см) и плотной пленкой оксида алюминия, которая защищает поверхность металла от окисления. Чем чище алюминий, тем тоньше и плотнее пленка оксида и выше коррозионная стойкость металла.

Алюминий обладает значительным химическим сродством к кислороду – теплота образования Al_2O_3 составляет 1670 кДж/моль. Это свойство алюминия широко используется в процессах алюминотермического восстановления металлов. Из кислот наиболее сильно действует на алюминий соляная, слабее – серная. Концентрированная азотная кислота действует на алюминий весьма незначительно вследствие образования на поверхности металла тонкой оксидной пленки нерастворимой в азотной кислоте. С органическими кислотами алюминий не взаимодействует, с едкими щелочами интенсивно реагирует с образованием растворимых в воде алюминатов, например, $NaAlO_2$. С галогенами алюминий взаимодействует со значительным выделением тепла: при образовании $AlCl_3$ выделяется 1678 кДж/моль тепла; AlF_3 – 1385 кДж/моль. Хлорид и фторид алюминия обладают высокими давлениями насыщенного пара и склонностью к гидролизу. При нагревании их с алюминием идут реакции образования летучих субхлорида и субфторида ($AlCl$, AlF). При охлаждении субсоединения разлагаются на галогенид и алюминий. С азотом алюминий образует при температуре 800 °С нитрид AlN . Нагревание алюминия в присутствии углерода дает карбид Al_4C_3 , реакция начинается с 1200 °С, но если в месте контакта металла с углеродом присутствует растворитель (например, расплав криолита), реакция протекает при более низких температурах (около 1000 °С).

Алюминий с водородом не взаимодействует, но достаточно хорошо растворяет его (до 0,2 см³ в 1 см³ алюминия при 1000 °С). Малая плотность, высокая электропроводность, низкая коррозионная стойкость, достаточно высокая механическая прочность и пластичность обеспечили широкое применение как чистого металла, так и сплавов на его основе. Все большее значение приобретают спеченные алюминиевые порошки (САП) и сплавы (САС). Помол порошка осуществляют с таким расчетом, чтобы получить на поверхности частиц требуемый слой оксида алюминия. Затем пудру брикетируют и спекают. Полученные заготовки обрабатывают также, как и металл. Однако наличие дисперсных частиц оксида алюминия приводит к упрочнению САП, и прочность сохраняется до температуры 500 °С. Широкое

распространение получили алюминиевые сплавы с добавкой лития, обладающие пониженной плотностью и повышенной пластичностью, а также сплавы, полученные с применением высоких скоростей затвердевания.

1.1. История развития алюминиевой промышленности

Металлический алюминий впервые был выделен датским физиком Гансом Кристианом Эрстедом в 1825 году и уже в 1854 году француз Анри Сен-Клер-Девиль наладил первое коммерческое производство алюминия. Способ производства осуществлялся посредством получения амальгамы алюминия через стадию восстановления безводного хлорида алюминия амальгамой калия. В 1855 году на всемирной выставке в Париже впервые экспонировался алюминий, полученный этим способом. В то время стоимость алюминия составляла порядка 90 долларов США за фунт (около 1000 долларов США за фунт по сегодняшнему курсу валюты).

Основоположниками электролитического способа производства алюминия являются француз Поль Эру и американец Чарльз Холл. В 1886 году они независимо друг от друга подали почти аналогичные патенты на способ получения алюминия электролизом глинозема, растворенного в расплавленном криолите. Уже в 1893 году благодаря новому способу стоимость алюминия была снижена до 65 центов США за фунт и благородный металл получил широкое промышленное применение. Промышленное производство алюминия методом электролиза криолитоглиноземного расплава началось в Питтсбурге (США) в 1888 году. В 1897 году в Чикаго из алюминиевого провода была возведена телеграфная линия. В 1898 году в Канаде закончена прокладка первой линии электропередачи длиной 46 миль из алюминиевого кабеля. В 1903 году братья Райт поднялись в воздух на самолете с двигателем из алюминия, а начиная с 1913 года в США началось промышленное производство алюминиевой фольги для упаковки жевательной резинки, шоколада и сладостей. После 1920 года алюминий стал широко применяться для изготовления фюзеляжей самолетов, а в 30-е годы – в архитектуре и строительстве. В развитие теории и технологии электролитического способа производства алюминия значительный вклад внесли российские ученые и инженеры. Первые теоретические исследования были выполнены в 1910–1912 годах П. П. Федотьевым в Петербургском политехническом институте и касались они плавкости электролита, растворимости в нем алюминия. Федотьевым предложена схема электродных процессов, протекающих при электролизе криолитоглиноземных расплавов. В конце 20-х годов эти теоретические исследования нашли практическое применение. П. П. Федотьев вместе с учениками провел полужаводские опыты по получению алюминия из отечественного сырья. С начала 30-х годов алюминиевая промышленность в СССР стала бурно развиваться. В 1931 году был создан научно-исследовательский и проектный институт ВАМИ, в 1932 году запущены первые мощности на Волховском алюминиевом заводе.

Следующим в 1933 году был запущен Днепровский алюминиевый завод в г. Запорожье, который использовал электрическую энергию ДнепроГЭСа. В военный период были построены и введены в эксплуатацию Уральский, Новокузнецкий и Богословский алюминиевые заводы.

В настоящее время в СНГ 20 % алюминия выпускается на устаревших электролизерах с боковым подводом тока, 55 % – на электролизерах с верхним подводом тока и только 25 % – на современных ваннах с обожженными анодами на силу тока от 130 кА до 400 кА. Заводы первой группы физически и морально устарели, нуждаются в коренной реконструкции с целью улучшения условий труда и защиты окружающей среды.

Часть серий этих заводов не имеет устройств для очистки отходящих газов. Требуется реконструкция одноэтажных серий электролизеров с верхним токоподводом. Проблемы по защите окружающей природной среды, улучшению условий труда, повышению технико-экономических показателей работы определяют необходимость модернизации и реконструкции основной части алюминиевых заводов стран СНГ. В последние годы наметилась тенденция сокращения производства алюминия в высокоразвитых капиталистических странах, хотя потребление алюминия в них возросло.

Так в период с 1989 по 2000 годы прекращено производство алюминия в Австрии, Швейцарии, Южной Корее. Существенно сократилось производство алюминия в Германии, Италии, Японии, США.

С другой стороны, бурно развивалось производство алюминия в ЮАР, Бахрейне, Иране, Объединенных Арабских Эмиратах, Бразилии, Венесуэле, Австралии. В ближайшие годы прирост производства алюминия в мире будет достигнут за счет строительства новых алюминиевых заводов в Алжире (220 тыс. тонн алюминия в год), Камеруне (250 тыс. тонн), Нигерии (180 тыс. тонн), Чили (680 тыс. тонн), Мексике (70 тыс. тонн), Тринидаде (55 тыс. тонн), Венесуэле (1 млн. тонн), Иране (250 тыс. тонн), Малайзии (120 тыс. тонн), Катаре (300 тыс. тонн), Кувейте (230 тыс. тонн), Саудовской Аравии (240 тыс. тонн), Китае (500 тыс. тонн), Исландии (200 тыс. тонн).

Вновь строящиеся алюминиевые заводы, как правило, оснащаются современными электролизерами с обожженными анодами большой мощности, которые благодаря использованию систем автоматического питания глиноземом, укрытий электролизеров, эффективной газоочистки и компьютерному управлению процессом электролиза достигают минимальных выбросов вредных веществ в атмосферу. Как показывает мировой опыт, наибольший эффект достигается при коренной реконструкции серий электролиза, заключающейся в переходе с "технологий Содерберга" на технологию предварительно обожженных анодов. При этом применяются электролизеры большой мощности с автоматической центральной загрузкой глинозема, эффективной АСУТП и газоочистными системами "сухого" типа.

К примеру, на алюминиевом заводе в Сундсвалле (Швеция) такая реконструкция (с сохранением имевшейся "мокрой" газоочистки для газов общеобменной вентиляции) позволила достигнуть низкого уровня выбросов в атмосферу газообразных фтористых соединений – до 0,35 кг/т алюминия. Однако такая реконструкция по удельным капитальным затратам приближается к уровню капитальных вложений на новое строительство.

В связи с этим широко используется и второй способ, который заключается в модернизации действующей технологии путем усовершенствования отдельных узлов электролизеров и компонентов ошиновки, применения эффективных АСУТП, "сухой" анодной массы и газоочистных систем "сухого" типа. Это направление реконструкции электролизных серий требует капитальных затрат в 2-3 раза меньше первого, хотя и не обеспечивает полного решения проблемы как в экологическом, так и в экономическом аспектах.

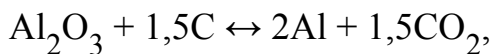
Генеральным направлением в развитии алюминиевой промышленности продолжает оставаться применение автоматизированного электролиза с предварительно обожженными анодами как более экологически чистого и требующего меньшего расхода электроэнергии. Электролизеры с обожженными анодами будут использоваться и при реконструкции устаревших предприятий.

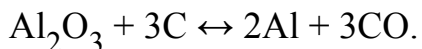
Потребности в обожженных анодах серий электролизеров после ввода новых мощностей и реконструкции старых серий так же, как и в настоящее время будут обеспечиваться за счет организации их производства непосредственно на алюминиевых заводах для собственных нужд или для группы заводов [8].

Механические свойства алюминия в значительной степени зависят от количества примесей в металле, его предварительной механической обработки и температуры. С увеличением содержания примесей прочностные свойства алюминия растут, а пластичные снижаются, причем эти свойства проявляются даже при изменении чистоты алюминия от 99,5 до 99,0 %.

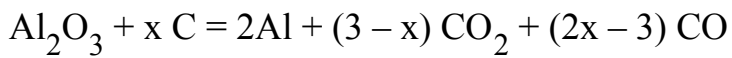
Практически единственным методом получения металлического алюминия является электролиз криолитоглиноземного расплава. Основное сырье для этого процесса – глинозем (Al_2O_3) – получают различными гидрохимическими методами путем переработки минералов, содержащих соединения алюминия.

Современное получение алюминия осуществляется путем электролитического разложения глинозема (Al_2O_3), растворенного в электролите (расплавленный криолит (Na_3AlF_6)). Технологический процесс осуществляется при 950–965 °С в электролизных ваннах (электролизерах). В целом процесс разложения глинозема в электролизерах можно представить в виде формул:

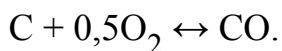
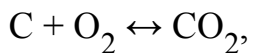
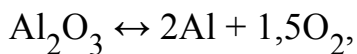




Суммарную реакцию можно записать в виде



или представить ее как сумму трех реакций:



Основным исходным сырьем криолит-глиноземного расплава являются глинозем (Al_2O_3), фтористый алюминий (AlF_3) и криолит (Na_3AlF_6). Кроме того, в электролите всегда присутствует фтористый кальций (CaF_2), снижающий температуру кристаллизации электролита, что позволяет проводить процесс электролиза при более низкой температуре.

Технологический процесс в алюминиевом электролизере – сложный комплекс взаимосвязанных химических, физико-химических и физических процессов.

При электролизе на катоде выделяется алюминий, а на аноде – кислород. Алюминий, обладающий большей плотностью, чем исходный расплав, собирается на дне электролизера, откуда его периодически извлекают.

Рентабельность производства алюминия определяется доступностью и ценой электроэнергии, наличием сырьевых компонентов и их качеством.

Мировая выплавка алюминия в 2022 году составила около 69 млн тонн, затрачивая на эти цели около 8-10 % вырабатываемой электроэнергии. По оценке аналитиков ежегодно мировое потребление алюминия увеличивается в среднем на 3,8 %, или более чем на 2200 тыс. тонн к объемам существующего производства. С 2002 года лидером по выплавке алюминия в мире является Китай. В 2019 году Китай выплавил более 36 млн тонн алюминия (более половины мирового производства). Следом за Китаем с большим отставанием идут Россия и Индия, они выплавляют примерно равное количество алюминия в год – порядка 3,6 млн тонн. Казахстан не входит в число лидеров по объемам ежегодного производства.

Несмотря на то, что по итогам первого квартала 2021 года производство алюминия в Китае упало на 2 %, это не повлияло на его лидирующее место в мире. В 2020 году по данным РУСАЛ в Китае было произведено 35,71 млн тонн алюминия. В России большая часть предприятий по изготовлению алюминия расположена в Сибири. Общее количество произведенного алюминия в России в 2020 г. составило 3,62 млн т., в Индии в 2020 году было произведено 3,54 млн т.

Долгое время лидером по производству алюминия в мире были США, вплоть до 2000 года.

Полный список стран по выплавке первичного алюминия показано в таблице 1.1. В качестве основного источника статистики использовались данные USGS (геологическая служба США).

Таблица 1.1. Список стран по выплавке первичного алюминия

| № п/п | Страна | Выплавка алюминия, тысяч тонн | Год |
|-------|-------------------|-------------------------------|------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Мир | 69 000 | 2022 |
| 2 | Китай | 40 000 | 2022 |
| 3 | Индия | 3700 | 2022 |
| 4 | Россия | 3600 | 2022 |
| 5 | Канада | 2900 | 2019 |
| 6 | ОАЭ | 2700 | 2019 |
| 7 | Австралия | 1600 | 2019 |
| 8 | Бахрейн | 1400 | 2019 |
| 9 | Норвегия | 1300 | 2019 |
| 10 | США | 1100 | 2019 |
| 11 | Саудовская Аравия | 916 | 2017 |
| 12 | Исландия | 870 | 2018 |
| 13 | Малайзия | 760 | 2017 |
| 14 | ЮАР | 716 | 2017 |
| 15 | Бразилия | 660 | 2018 |
| 16 | Катар | 650 | 2017 |
| 17 | Мозамбик | 577 | 2017 |
| 18 | Германия | 550 | 2017 |
| 19 | Аргентина | 433 | 2017 |
| 20 | Франция | 430 | 2017 |
| 21 | Испания | 360 | 2017 |
| 22 | Иран | 338 | 2017 |
| 23 | Новая Зеландия | 337 | 2017 |
| 24 | Румыния | 282 | 2017 |
| 25 | Египет | 279 | 2017 |
| 26 | Казахстан | 256 | 2017 |
| 27 | Оман | 253 | 2017 |
| 28 | Индонезия | 219 | 2017 |

Страны лидеры по экспорту и импорту алюминия

Крупнейшим экспортером алюминия в мире на начало 2020 года является Канада. В долларовом эквиваленте Канада экспортировала алюминия на сумму более 5.3 млрд

долларов. Также в пятерку крупнейших экспортеров алюминия в мире входят Нидерланды, ОАЭ, Россия и Индия.

Таблица 1.2. Полный список стран по экспорту алюминия

| № п/п | Страна | Экспорт алюминия, млн \$ |
|-------|-------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Канада | 5349 |
| 2 | Нидерланды | 5115.8 |
| 3 | ОАЭ | 5113.2 |
| 4 | Россия | 4640.9 |
| 5 | Индия | 3819.7 |
| 6 | Норвегия | 2802.1 |
| 7 | Австралия | 2775.2 |
| 8 | Малайзия | 2003.2 |
| 9 | Бахрейн | 1931.5 |
| 10 | Исландия | 1429.3 |
| 11 | Катар | 1291.6 |
| 12 | Китай | 1100.5 |
| 13 | США | 1050.4 |
| 14 | ЮАР | 1009.7 |
| 15 | Саудовская Аравия | 967.8 |
| 16 | Германия | 957.7 |
| 17 | Мозамбик | 940.3 |
| 18 | Италия | 751.1 |
| 19 | Новая Зеландия | 652.9 |
| 20 | Франция | 578.2 |

Крупнейшие импортеры алюминия в мире (в скобках указана доля от мирового импорта):

США (12.6 %);

Германия (9.1 %);

Япония (4.5 %);

Нидерланды (4.5 %);

Франция (3.9 %);

Мексика (3.9 %);

Италия (3.6 %);

Южная Корея (3.6 %);

Китай (3.3 %);

Великобритания (2.9 %).



Рисунок 1.1. Выплавка первичного алюминия в мире, млн т

(Источник: Primary Aluminium Production - International Aluminium Institute (international-aluminium.org))

1.2. Общая информация о рассматриваемой отрасли промышленности

1.2.1. Бокситовое рудоуправление

В Казахстане основным видом алюминиевого сырья являются бокситы. Месторождения бокситов по географическому и геолого-структурному положению находятся в восьми бокситоносных районах: Западно-Торгайском, Центральном-Торгайском, Восточно-Торгайском (Амангельдинском), Акмолинском (Целиноградском), Экибастуз-Павлодарском, Северо-Кокшетауском, Мугоджарском и Южно-Казахстанском. В Западно-Торгайском и Центральном-Торгайском бокситоносных районах выявлены наиболее крупные месторождения бокситов: Краснооктябрьское, Белинское, Восточно-Аятское и Таунсорское. Наиболее высоким качеством отличаются бокситы Амангельдинской группы месторождений Восточно-Торгайского бокситоносного района. Алюминиевые руды добываются в Костанайской области на рудниках АО "Алюминий Казахстана", входящего в группу компаний Eurasian

Resources Group (ERG), в 2019 и 2020 г. добыто 3236 и 3970 тыс. тонн бокситов соответственно.

Месторождения бокситов расположены от центральной базы рудника (п. Октябрьский) на расстоянии до 90 км. В районах расположения рудников развита сеть шоссейных и железных дорог. Поселки и существующие промышленные площадки КБРУ соединены грейдерными и асфальтированными дорогами.

Белинский рудник бокситов расположен в Тарановском районе Костанайской области Республики Казахстан в 30 км южнее пос. Октябрьский. По состоянию на 2020 г. рудник не эксплуатировался, поэтому не рассматривается в настоящем справочнике по НДТ.

Красногорский рудник расположен на территории Камыстинского района Костанайской области Республики Казахстан. Работы на руднике ведутся с 70-х годов. Ближайшие населенные пункты промплощадки расположены: областной центр г. Костанай – в 170 км на северо-восток, районный центр п. Камысты – в 50 км на запад, ближайшие населенные пункты Каиндыколь, Красногорск, Краснооктябрьский и г. Лисаковск – на расстоянии более 1 километра. Месторождения открыты в 1964 году, в эксплуатации с 1979 года. Кроме месторождения бокситов в районе обрабатываются месторождения оолитовых и магнетитовых руд Лисаковское и Куржункульское, располагающиеся в 30 км к северу, и месторождение цинка Шаймерден – в 20 км к югу.

Аятское и Восточно-Аятское месторождения бокситов находятся в Тарановском районе Костанайской области Республики Казахстан, в 70 км к юго-западу от областного центра г. Костаная, в 10–30 км северо-восточнее п. Октябрьский.

В 7–10 км к западу от Восточно-Аятского месторождения бокситов проходит железнодорожная линия, связывающая г. Рудный со станцией Тобол, к югу – железнодорожная магистраль Карталы-Астана, а на расстоянии около 1 км юго-восточнее от карьера №6 ВАМ – рудничная железнодорожная станция "Восточная". Расстояние по железной дороге от ст. Тобол до г. Павлодара – 1 200 км.

Таблица 1.3. Единый технологический процесс КБРУ

| № п/п | Рудник | Наименование Единого технологического процесса | Наименование продукции | Ед. изм. | Объемы годового производства | |
|-------|---------------------------------|--|------------------------|----------|------------------------------|-----------|
| | | | | | макс. | мин. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | Красногорский бокситовый рудник | | | | 3 274 219 | 1 802 539 |
| 2 | Аятский бокситовый рудник | | | | 989 797 | 303 388 |
| 3 | Восточно-Аятское | Добыча | | | 1 285 100 | 546 |

| | | | | | |
|------------------|------------------------|--------|-------|--|--|
| месторожде ие | полезных ископаемых | Боксит | тонна | | |
|------------------|------------------------|--------|-------|--|--|

Восточно-Аятское месторождение бокситов находится в Тарановском районе Костанайской области Республики Казахстан, в 70 км к юго-западу от областного центра г. Костанай, в 10–30 км северо-восточнее п. Октябрьский. В поселке Октябрьский расположен филиал АО "Алюминий Казахстана" –Краснооктябрьское бокситовое рудоправление (КБРУ).

Восточно-Аятское месторождение по запасам относится к крупным. Месторождение находится в северной части Краснооктябрьской бокситоносной зоны, расположенной в Валерьяновском синклинии, имеющем ширину 100 км, северо-северо-восточное простирание и прослеживающимся более 40 км вдоль Торгайского прогиба.

Рудные тела Восточно-Аятского месторождения расположены на 9 рудных участках, каждый из рудных участков представляет собой единый контур распространения меловых бокситоносных отложений, объединяющих одно или несколько рудных тел. В плане рудные тела имеют вытянутую и изометричную формы. В вертикальном разрезе рудные тела имеют преимущественно линзообразные, конусообразные, гнездообразные и карманообразные формы. Линзообразная или выпукло-линзообразная формы характерны для основных рудных тел, второстепенные рудные тела имеют гнездообразную и конусообразную форму со значительными мощностями при малой площади.

Балансовые запасы месторождения бокситов включают три литологических типа руд: каменистые 43,7 %, глинистые 33,0 %, рыхлые 20,1 % и безрудные прослои 3,2 % (некондиционные бокситы и гиббсит-каолиновые глины). Средний минеральный состав бокситов месторождения по данным пересчета химических анализов следующий : гиббсит – 56,9 %, каолинит – 17,9 %, гематит и гетит в сумме – 19,8 %, титановые минералы – 2,4 %, сидерит – 2,5 %. В качестве примесей встречаются – бемит (до 2,5 %), корунд (до 1–3 %), маггемит, магнетит, кальцит, пирит, шамозит, нордстрандит, диаспор, байерит и др.

К бокситоподобным породам отнесены некондиционные по кремневому модулю или содержанию глинозема каменистые, рыхлые разновидности. Эти породы образованы за счет дебокситизации в верхних частях разреза бокситоносных отложений каменистых и рыхлых бокситов, вызванной интенсивной сидеритизацией и каолинизацией. В бокситовой породе высокое содержание кремнезема и двуокиси углерода.

Бокситы Восточно-Аятского месторождения характеризуются пестрым составом, обусловленным неравномерным распространением природных типов руд и

наложенными процессами. Кремнезем отличается наибольшей изменчивостью. Его содержание по рудным телам от 2,9 % (р.т.24д) до 15,8 % (р.т. 41в), а по карьерам от 4,9 % (к.1) до 10,1 % (к.5).

Глинозем распределен в рудах равномерно. Балансовые рудные тела содержат 42–46 % глинозема. Основным глиноземсодержащим минералом является гиббсит, но часть глинозема распределена в гидроалюмосиликатах (каолините, галлуазите, шамозите), а также окислах и гидроокислах алюминия: корунде, бемите, диаспоре, нордстрандите и байерите, алюмогетите.

Железо валовое распределено неравномерно. Наибольшее содержание окислов железа установлено в красно-бурых каменистых бокситах (до 30 %) и наименьшее – в осветленных палево-белых разностях и сероцветных углистых бокситах (4–5 %). Несмотря на большое влияние наложенных процессов, все же наблюдается определенная тенденция к увеличению окислов железа по мере уменьшения количества глинистых бокситов и увеличения каменистых разностей.

Содержание двуокиси титана в рудах колеблется в пределах 2–2,8 %. Двуокись углерода распределена в бокситах месторождения очень неравномерно.

Вмещающими рудные тела породами в основном являются бокситовые глины и пестроцветные глины, реже боксит-каолиновые, лигнитовые глины и бокситоподобные породы. Они же являются и разубоживающими породами.

Среди балансовых руд статистически выделены три сорта: бокситы, предназначенные для производства глинозема (62,1 %), электрокорунда (29,5 %) и мартеновского производства (8,4 %).

Распределение бокситов, пригодных для производства электрокорунда, весьма прихотливо и в целом зависит от содержания в рудах каменистых разностей.

Мартеновские сорта бокситов имеют подчиненное значение. Их содержание колеблется от долей процента до 6–9 % и редко превышает 10 %.

Наибольшее количество глиноземных бокситов в рудных телах карьеров составляет 89,0 %, минимальное – 47,1 %.

В бокситах присутствует большое количество микроэлементов, концентрации которых в 2-3 и более превышает их содержание в земной коре. Содержание этих элементов обычно низкое и колеблется от нескольких граммов до сотен граммов на тонну, но, несмотря на это, они могут накапливаться в оборотных щелочных растворах в количествах, представляющих практический интерес как ценные побочные продукты глиноземной промышленности.

1.2.2. Глиноземное производство

В 2020 году мировой выпуск глинозема достиг 134 млн т по сравнению с 132 млн т в 2019 году (+1,41 %). По прогнозам исследовательских агентств до 2025 года рынок оксида алюминия будет расти. Ожидается, что в течение 2018 - 2023 гг. на мировом рынке оксида алюминия CAGR (совокупный ежегодный темп роста) составит около 4,6

%. Среди стран поставщиков на мировом рынке глинозема (оксида алюминия) International Metallurgical Research Group выделяет Австралию с долей 46,36 %, Бразилию – 20,02 %, Ирландию – 4,47 %, а также: Индию, Индонезию, Германию, Испанию, США и Казахстан, который занимает 12 место в мировом рейтинге стран объёмом запасов бокситов.

АО "Алюминий Казахстана" – единственный производитель товарного глинозема в Казахстане, входит в число десяти ведущих производителей глинозема в мире. Возможности и основная продукция: производство и реализация глинозема, добыча, переработка и реализация бокситов, известняка, огнеупорных глин, щебня. Также предприятие имеет технологические возможности производства галлия, сульфата алюминия (ранее эти продукты производились, но в настоящее время ввиду низких цен производство приостановлено). Основное направление деятельности предприятия – добыча и переработка бокситов, которые затем используются для получения металлургического глинозема, производимого по схеме "Байер-спекание".

Наименование технологического процесса и годовые объёмы производства приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.4. Единый технологический процесс производство глинозема

| № п/п | Наименование единого технологического процесса | Наименование продукции | Единица измерения | Объёмы годового производства | |
|-------|--|------------------------|-------------------|------------------------------|-----------|
| | | | | макс | мин |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | Производство глинозема методом последовательно-параллельного варианта Байер-спекания | Глинозем (Al_2O_3) | тонна | 1 509 052 | 1 383 349 |

1.2.3. Производство первичного алюминия

В Казахстане выплавка алюминия производится на предприятии АО "Казахстанский электролизный завод" с проектной мощностью 250 тыс. тонн/год. В 2019 и 2020 гг. предприятием было произведено 263 тыс. тонн и 265 тыс. тонн соответственно.

Основные технические сооружения и установки перечислены в таблице 1.5.

Таблица 1.5. Технические сооружения АО "КЭЗ"

| № п/п | Технические сооружения | Этап I | Этап II |
|-------|---------------------------|--------|---------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Корпуса электролиза (два) | + | + |
| | | | |

| | | | |
|----|---|---|---|
| 2 | Установка газоочистки корпуса электролиза | + | + |
| 3 | Трансформаторно-выпрямительная подстанция | + | |
| 4 | Открытая подстанция с напряжением ввода 220 кВ | + | |
| 5 | Цех монтажа анодов | + | |
| 6 | Литейное отделение | + | + |
| 7 | Установка для производства "зеленых" анодов | | + |
| 8 | Печь для обжига анодов | | + |
| 9 | Установка газоочистки печи для обжига анодов | | + |
| 10 | Вспомогательная подстанция с напряжением ввода 10 кВ | + | |
| 11 | Здание для замены футеровки электролизеров | + | |
| 12 | Здание для технического обслуживания подъемных кранов | + | |
| 13 | Компрессорная | + | |
| 14 | Установка водоподготовки | + | |
| 15 | Станция очистки сточных вод | + | |

Продукцией завода являются 20-киллограммовые алюминиевые чушки марки А7, А8. На заводе применяется технология предварительно обожженного анода.

В таблице 1.6 представлены действующие в Казахстане предприятия алюминиевой промышленности, год ввода в эксплуатацию, производительность и применяемые технологии электролиза.

Таблица 1.6. Перечень предприятий алюминиевой промышленности Республики Казахстан

| № п/п | Предприятие | Место расположения | Год ввода в эксплуатацию |
|-------|--------------------------|--|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | КБРУ | Костанайская область, г. Лисаковск, пос. Октябрьский | 1964 |
| 2 | АО "Алюминий Казахстана" | Павлодарская область, г. Павлодар | 1964 |

1.3. Характеристика сырья, основных и вспомогательных материалов, используемых при производстве алюминия

В производстве алюминия применяются следующие виды сырья и материалов:

боксит;
известняк;
каустическая сода;
сода кальцинированная;
глинозем;
криолит искусственный технический;
фтористый кальций;
техническая кальцинированная сода;
обоженные аноды;
технологическая электроэнергия;
фторид алюминия;
каменноугольный пек;
мазут М 100;
нефтяной кокс.

Бокситы – алюминиевая руда, состоящая из гидроксидов алюминия, оксидов железа и кремния, сырье для получения глинозема и глиноземосодержащих огнеупоров. Бокситы являются основным сырьем при производстве алюминия. Они представляют собой горную породу, в состав которой входят оксид алюминия и другие различные минеральные примеси. Сырье имеет высокое качество, если оно содержит в себе свыше 60 % оксида алюминия.

Известняк – осадочная, обломочная горная порода биогенного, реже хемогенного происхождения, состоящая преимущественно из карбоната кальция в виде кристаллов кальцита различного размера. Известняк используется в качестве флюса при доменной выплавке руды железа, цветных металлов, производстве алюминия как шихта и в качестве вспомогательного технологического сырья.

Каустическая сода – гидроксид натрия, продукт химического синтеза, в природе такого вещества не существует. Едкий натр NaOH (молекулярный вес 40,0) является сильной щелочью, называемой в быту каустической содой. Он нашел применение в производстве глинозема – полупродукта для получения металлического алюминия.

Сода кальцинированная – общее название технических натриевых солей угольной кислоты.

Na_2CO_3 (карбонат натрия) – кальцинированная сода, бельевая сода.

$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (декагидрат карбоната натрия, содержит 62,5 % кристаллизационной воды) – стиральная сода; иногда выпускается в виде $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ или $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

NaHCO_3 (гидрокарбонат натрия) – пищевая сода, бикарбонат натрия. Кальцинированная сода широко применяется в металлургии. Большое количество соды кальцинированной (карбоната натрия) используется в цветной металлургии в основном при производстве глинозема для восполнения щелочного баланса.

Глинозем – технический оксид алюминия (100 %), представляет собой кристаллический гигроскопичный порошок белого цвета. Глинозем не токсичен, пожаро- и взрывобезопасен. Насыпная плотность $0,9 \text{ т/м}^3$, влажность 0,0 %. Для питания ванн используется первичный глинозем, поставляемый заводами производителями, и вторичный глинозем, поступающий из сухой газоочистки. На АО "КЭЗ" используется глинозем с АО "Алюминий Казахстана". Первичный глинозем должен удовлетворять требованиям к химическому составу в соответствии с таблицей 1.7.

Таблица 1.7. Требования к химическому составу глинозема

| № п/п | Компонент | Содержание, %. масс |
|-------|---|---------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Al_2O_3 | > 98,4 |
| 2 | SiO_2 | <0,04 |
| 3 | Fe_2O_3 | <0,03 |
| 4 | Na_2O | <0,66 |
| 5 | TiO_2 | <0,005 |
| 6 | V_2O_5 | <0,003 |
| 7 | P_2O_5 | <0,003 |
| 8 | ZnO | <0,005 |
| 9 | Содержание альфа- Al_2O_3 | 25-35 |

В глиноземе не допускается наличие видимых невооруженным глазом посторонних включений, технологически не связанных с производством. Глинозем должен удовлетворять требованиям к физическим свойствам в соответствии с таблицей 1.8.

Таблица 1.8. Требования к физическим свойствам глинозема

| № п/п | Показатель | Ед. изм | Величина |
|-------|------------------------------|-----------------------|----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Удельная площадь поверхности | $\text{м}^2/\text{г}$ | > 35 |
| | | | |

| | | | |
|---|-------------------------------|---|-------|
| 2 | Содержание фракции - 325 меш | % | <12 |
| 3 | Потери при прокаливании (LOI) | % | > 1,0 |

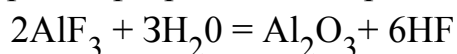
В воде глинозем не растворяется. В электролите растворяется 2–4 % глинозема. Скорость растворения глинозема в электролите зависит от размеров и форм частиц (гранулометрического и фракционного состава) и фазового состава (содержание альфа и гамма модификаций). Модификациями называются такие формы вещества, которые при одинаковом химическом составе имеют различные физико-химические свойства.

Альфа глинозем (а-фракция (корунд)) – безводная форма окиси алюминия с плотностью 4 г/см³;

Гамма глинозем (g глинозем) содержит 1-2 % влаги, гигроскопичен и имеет плотность 3,4 г/см³, при температуре 1000-1200 °С переходит в а-модификацию.

При одинаковом фракционном составе хуже растворяется глинозем, содержащий больше а-модификаций.

Нежелательно присутствие в глиноземе влаги. Влага с AlF₃ образует вредный для здоровья фтористый водород HF:



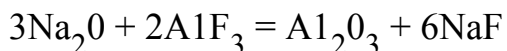
Криолит искусственный технический (AlF₃·nNaF) мелкокристаллический порошок от слабо-розового до серовато-белого цвета. Искусственный криолит пожаро- и взрывобезопасен, токсичен. Криолит искусственный технический должен удовлетворять требованиям к химическому составу в соответствии с таблицей 1.9 (в пересчете на сухое вещество).

Таблица 1.9. Требования к химическому составу искусственного технического криолита

| № п/п | Компонент | Содержание, %. масс |
|-------|--------------------------------|---------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | F | ≥54 |
| 2 | Al | ≤18 |
| 3 | Na | ≥23 |
| 4 | SiO ₂ | ≤0,5 |
| 5 | Fe ₂ O ₃ | ≤0,06 |
| 6 | SO ₄ ⁻² | ≤0,5 |

Содержание влаги в искусственном техническом криолите не должно превышать 0,2 % масс. Величина криолитового модуля определяется по результатам химического анализа по формуле: $n = 1,174 Na / Al$, где: n - модуль криолита, Na - содержание

натрия в криолите, % масс., Al - содержание Al в криолите, % масс., 1,174 - коэффициент, учитывающий соотношение атомных масс алюминия и натрия. Также нежелательно присутствие в глиноземе и окислов щелочных (K, Na) и щелочноземельных (Ca, Mg) металлов, или их содержание должно быть стабильное, т. к. они, вступая во взаимодействие с AlF_3 , разлагают его и тем самым изменяют состав электролита, повышая криолитовое отношение и вызывая необходимость дополнительной корректировки (отдачи).



Фтористый кальций должен удовлетворять требованиям к химическому составу в соответствии с таблицей 1.10.

Таблица 1.10. Требования к химическому составу фтористого кальция

| № п/п | Компонент | Содержание, % масс |
|-------|------------------|--------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | CaF | ≥54 |
| 2 | SiO ₂ | ≤18 |
| 3 | S | 3 |
| 4 | P | ≥23 |
| 5 | Влага | ≤0,5 |

Техническая кальцинированная сода должна удовлетворять требованиям к химическому составу в соответствии с таблицей 1.11 (в пересчете на прокаленное вещество).

Таблица 1.11. Требования к химическому составу кальцинированной соды

| № п/п | Компонент | Содержание, % масс |
|-------|--|--------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Карбонат натрия | ≥99,4 |
| 2 | Карбонат натрия в пересчете на непрокаленный продукт | ≥99,4 |
| 3 | Потери при прокаливании | ≤0,5 |
| 4 | Хлориды в пересчете на хлорид натрия | ≤0,45 |
| 5 | Железо в пересчете на Fe ₂ O ₃ | ≤0,005 |
| 6 | Вещества нерастворимые в воде | ≤0,03 |
| 7 | Сульфаты в пересчете на Na ₂ S O ₄ | ≤0,04 |

Обожженные аноды. Аноды изготавливаются с использованием нефтяного кокса с добавлением анодных огарков к коксовой шихте, способом виброформования с последующим длительным прогревом до температуры 1250 °С в специальных обжиговых печах.

Химический состав обожженного анода – углерод 98 %, сера 2 %.

Агрегатное состояние – твердый, прямоугольной формы 1600*700*570 мм.

Плотность 1,56 т/м³.

УЭС не более 58 мкОм*м.

Масса обожженного анодного блока должна составлять 910 ± 10 кг. Основным компонентом блоков является углерод. По химическому составу блоки должны удовлетворять требованиям, приведенным в таблице 1.12.

Таблица 1.12. Химический состав анода

| № п/п | Содержание примесей, % не более | Значение |
|-------|---------------------------------|----------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | S | 1,5 |
| 2 | V | 0,013 |
| 3 | Na | 0,013 |
| 4 | Si | 0,03 |
| 5 | Fe | 0,04 |
| 6 | Ni | 0,025 |
| 7 | Ti | 0,01 |
| 8 | Zn | 0,01 |
| 9 | Pb | 0,01 |
| 10 | Ca | 0,01 |
| 11 | K | 0,0015 |

Фторид алюминия – неорганическое бинарное соединение алюминия и фтора. Фторид алюминия представляет собой бесцветное или белое кристаллическое вещество. При сильном нагревании возгоняется без разложения. Химическая формула – AlF₃, его свойства:

химический состав: алюминий 32 %, фтор 60 %;

насыпная плотность 1,4 т/м³;

потери при прокаливании не более 0,15 %.

Каменноугольный пек:

химический состав – углеводороды;

агрегатное состояние – расплавленный, жидкий;

плотность 1,3 т/м³;

температура размягчения по методу Меттлер 110-125 °С;

зольность не более 0,3 %.

Мазут М 100 – это остаточный продукт, образованный путем выделения из нефти бензиновых, керосиновых, газойлевых и других фракций.

химический состав – углеводороды;

агрегатное состояние – жидкий;

| | | | | | | | | | | |
|----|--|--|--|--|-------|-----------|-----------|--------------------------|-----------------------|---|
| 7 | | | | фторид алюминия | тонн | 5800, | 4300, | Алюминий 32 %, Фтор 60 % | порошок | плотность 1,4 т/м ³ , потери при прокаливании не более 0,15 %, |
| 8 | Технологический процесс: производство обожженных анодов | | | | | | | | | |
| 9 | Технологический этап: основной цех по производству обожженных анодов | | | | | | | | | |
| 10 | | | | каменноугольный пек | тонн | 27000, | 23000, | углеводороды | расплавленный, жидкий | плотность 1,3 т/м ³ , температура размягчения по методу Меттлер 110–125 град. С, зольность не более 0,3 %, |
| 11 | | | | мазут М100 | тонн | 9000, | 7900, | углеводороды | жидкий | зольность не более 0,14 %, массовая доля воды не более 1 %, |
| 12 | | | | нефтяной кокс | тонн | 109000, | 104000, | Углерод 97 %, Сера 3 % | твердый, сыпучий | насыпная плотность 0,8–1 т/м ³ , содержание влаги не более 0,5 % |
| 13 | | | | Электроэнергия цеха по производству электродов | кВт*ч | 48487840, | 38382415, | - | - | переводной коэффициент в т.у.т-0,000123 |

1.4. Производственные мощности алюминиевой отрасли Казахстана

Таблица 1.14. Производственные мощности алюминиевой отрасли Казахстана

| № п/п | Предприятие | Продукция | Выпуск в 2016-2020гг., тонн | |
|-------|---------------------|---------------------|-----------------------------|-----------|
| | | | макс | мин |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Глиноземный завод | Глинозем марки Г-00 | 1 509 052 | 1 393 411 |
| 2 | Электролизный завод | Алюминий первичный | 270 000 | 250 000 |

Единственным центром добычи алюминиевых руд в стране является Костанайская область. Крупнейшее предприятие отрасли, занимающееся добычей и обогащением бокситов в Костанайской области – А2. Это единственная в Казахстане компания, выпускающая сырье для производства алюминия – глинозем. Объем добычи бокситов за 2021 год составил 4,058 млн тонн [9].

В Казахстане разведано свыше 20 месторождений бокситов, при этом разрабатывается – 10. Основная часть запасов республики (около 90 %) сосредоточена в месторождениях, находящихся на территории Костанайской области в Торгайской бокситоносной провинции. В ней выделяются три бокситоносных района: Западно, Восточно и Центрально-Торгайский, в которых заключено, соответственно, 86,9 %, 5,3 % и 7,8 % запасов провинции.

Торгайское бокситовое рудоуправление (ТБРУ) разрабатывало бокситы Восточно-Тургайской группы (Аркалыкское, Северное, Нижнее-Ашутское, Верхнее-Ашутское, Уштобинское месторождения). В настоящее время все работы на ТБРУ остановлены ввиду выработки всех запасов.

Краснооктябрьское бокситовое рудоуправление (КБРУ) – бокситы Западно-Тургайской группы (Белинское, Аятское, Краснооктябрьское, Увалинское и Красногорское месторождения).

ТБРУ и КБРУ входят в состав АО "Алюминий Казахстана". Сырьевая база компании оценивается как устойчивая, запасы бокситовых руд на осваиваемых и перспективных месторождениях достаточны для работы предприятия в течение как минимум 50 лет.

Балансовые запасы месторождения бокситов включают три литологических типа руд: каменистые 43,7 %, глинистые 33,0 %, рыхлые 20,1 % и безрудные прослой 3,2 % (некондиционные бокситы и гиббсит-каолинитовые глины). Средний минеральный состав бокситов месторождения по данным пересчета химических анализов следующий : гиббсит – 56,9 %, каолинит – 17,9 %, гематит и гетит в сумме – 19,8 %, титановые минералы – 2,4 %, сидерит – 2,5 %. В качестве примесей встречаются – бемит (до 2,5 %), корунд (до 1–3 %), маггемит, магнетит, кальцит, пирит, шамозит, нордстрандит, диаспор, байерит и др.

К бокситоподобным породам отнесены некондиционные по кремневому модулю или содержанию глинозема каменистые, рыхлые разности. Эти породы образованы за счет дебокситизации в верхних частях разреза бокситоносных отложений каменистых и рыхлых бокситов, вызванной интенсивной сидеритизацией и каолинизацией. В бокситовой породе высокое содержание кремнезема и двуокиси углерода.

Глинозем распределен в рудах равномерно. Содержание глинозема в руде 42–46 %. Основным глиноземсодержащим минералом является гиббсит, но часть глинозема распределена в гидроалюмосиликатах (каолините, галлуазите, шамозите), а также окислах и гидроокислах алюминия: корунде, бемите, диаспоре, нордстрандите и байерите, алюмогетите.

Таблица 1.15. Запасы бокситовых руд в Казахстане

| № п/п/ | Минерал | Балансовые запасы, тыс. т | Мировой рейтинг, запасы | Место в мире по содержанию металла в руде | Мировой рейтинг, производство | Доля в мировом объеме |
|--------|---------|---------------------------|-------------------------|---|-------------------------------|-----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | Бокситы | 365 400 | 10 | н/д | 8 | 1,7 % |

источники: Казахстанский горно-промышленный портал (<http://www.mining.kz>); Геологическая служба США USGS 2018, АО "НК "Kazakh Invest", данные на 2021 г.

Таблица 1.16. Производство промышленной продукции в производстве алюминия в натуральном выражении в Республике Казахстан за 2021 год

| № п/п | Показатель | Объем |
|-------|--|---------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Руды алюминиевые (бокситы), тыс. тонн | 4 057,8 |
| 2 | Алюминий необработанный; оксид алюминия, тыс. тонн | 1 594 |

Таблица 1.17. Динамика добычи бокситов на КБРУ, тыс. тонн

| № п/п | Наименование продукции | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|-------|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | Красногорский бокситовый рудник | 2 281,000 | 2 650,000 | 3 274,220 | 1 802,539 | 2867,355 |
| 2 | Аятский бокситовый рудник | 0,000 | 0,000 | 303,388 | 413,592 | 1102,849 |
| 3 | Восточно-Аятское месторождение | 1 123,300 | 1 285,100 | 1 120,343 | 1 020,199 | 0,546 |

Таблица 1.18. Динамика производства глинозема, тонн/год

| № п/п | Наименование продукции | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|-------|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | Переработано боксита | 3 931 396 | 3 940 698 | 3 868 589 | 3 657 406 | 3 693 079 |
| 2 | Выпущено глинозема | 1 500 013 | 1 509 052 | 1 480 991 | 1 393 411 | 1 383 349 |

Электролизный завод является единственным производителем первичного алюминия в Казахстане и до его запуска цикл производства алюминия завершался на этапе производства глинозема. Конечная продукция АО "КЭЗ" – алюминиевые чушки (слитки). Около 90 % продукции завода идет на экспорт в более чем 20 стран мира (около 70 % в страны Европы).

Кроме того, в последние годы появились также предприятия, которые используют алюминий для дальнейшей переработки. Например, с 2019 года АО "КЭЗ" поставляет жидкий алюминий для павлодарского завода Giessenhaus, выпускающего диски для автомобильных колес. Всего за десять первых лет работы АО "КЭЗ" выпустил более 2 млн тонн первичного алюминия.

Потребности в электричестве для обеспечения производства алюминия велики и составляют до 40 % в себестоимости продукции. Доля казахстанского содержания на заводе доходит до 90 % (электроэнергия, глинозем, аноды и другие составляющие).

Проектная мощность завода по производству алюминия составляет 270 тыс. тонн первичного алюминия в год с производством обожженных анодов 136,250 тыс. тонн в год. Динамика изменения фактической мощности представлена в таблице.

Таблица 1.19. Динамика производства АО "КЭЗ", тонн/год

| № п/п | Наименование продукции | 2016 | 2017 | 2019 | 2020 |
|-------|--|---------|-----------|---------|-----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | Алюминий первичный СТ АО 40494160-019-2016 | 235 566 | 254 993 | 258 420 | 263 066 |
| 2 | Обожженные аноды СТ АО 40494160-028-2018 | 129 657 | 137 659,7 | 133 705 | 141 354,7 |

1.5. Энергоэффективность

Энергоэффективность в контексте выдачи комплексных разрешений является "горизонтальной" проблемой, относящейся к любым отраслям и технологическим процессам.

Потребление энергии является важным аспектом при производстве первичного алюминия в силу следующих взаимосвязанных причин:

изменение климата: сжигание ископаемого топлива для получения энергии является основным антропогенным источником парниковых газов;

продолжающееся масштабное потребление невозобновляемых запасов ископаемого топлива и необходимость обеспечения устойчивости;

введение углеродного налога на экспортную продукцию: повышение себестоимости и риск потери доли рынка.

Повышение эффективности использования энергии является наиболее быстрым, результативным и экономически эффективным подходом к достижению этих целей.

Директива IPPC требует эффективного использования энергии при эксплуатации любых установок, и энергоэффективность является одним из критериев, используемых при определении НДТ для любого производственного процесса.

Рациональное использование энергии и повышение энергоэффективности потребителей – два основных требования закона об энергосбережении и повышении энергоэффективности Республики Казахстан [11]. Поэтому повышение энергоэффективности играет важную роль, выступая в качестве индикатора воздействия процесса на окружающую среду.

Вопросы повышения энергоэффективности и использования энергии при оценке НДТ в цветной металлургии в целом и при производстве алюминия в частности имеют существенное значение.

Себестоимость производства алюминия формируется из комплекса составляющих, среди которых наибольший вес имеют затраты на электроэнергию (около 35 %). Также при производстве продукции цветной металлургии потребляются тепловая энергия и топливо (мазут, уголь, природный газ, дизельное топливо и т.д.).

Котельно-печное топливо (уголь, мазут, природный газ и т.д.) используется для выработки тепловой и электрической энергии, а также для технологических нужд предприятия.

Используемое в горном производстве электрическое оборудование можно разделить на следующие группы:

устройства для передачи и распределения электроэнергии: линии электропередачи, трансформаторы, кабели;

электрическое оборудование: электродвигатели, осветители и ручные инструменты;

оборудование для управления, контроля, связи и автоматизации.

В процессе добычи и транспортировки руды электроэнергия расходуется на следующие объекты:

электрогидравлические рабочие машины (бурильные установки, крепление кровли и стенок выработок, машины для торкретирования бетоном);
 транспортеры;
 подъемники руды;
 производство сжатого воздуха,
 вентиляция.

Также топливно-энергетические ресурсы расходуются на погрузочное и транспортное оборудование, отопление и освещение участков рудника.

Потребление энергии в обогатительных процессах определяется в первую очередь объемом перерабатываемой руды, используемыми процессами обогащения и необходимым для этого оборудованием. Обычно самые мощные электродвигатели используются при измельчении руды. Поэтому потребление энергоресурсов сильно зависит от особенностей руды и необходимого технологического процесса. Если руда твердая, то на ее отделение, измельчение и размол требуется значительно больше энергии, чем на обработку мягкой руды.

При производстве алюминия показатель расхода электроэнергии зависит от типа электролизера и выхода по току, который является основным показателем технологической работы электролизера и определяет степень полезного использования тока.

Применение ресурсосберегающих технологий направлено на снижение себестоимости продукции, а также рациональное использование ресурсов.

1.5.1. Показатели использования энергии в производстве алюминия

Для определения удельного расхода энергетических ресурсов на единицу выпускаемой продукции необходимы годовые объемы производства продукции и потребление энергетических ресурсов.

Открытая добыча бокситов [10]

В таблице 1.20 приведены данные по удельным уровням потребления сырьевых материалов для основного единого технологического процесса на единицу производимой продукции предприятия А1/2.

Таблица 1.20. Удельные уровни потребления сырьевых материалов для основного единого технологического процесса на единицу производимой продукции предприятия А1/2

| № п/п | Наименование продукции | Ед. изм. | Наименование сырья и материалов, поступающих | Объем | | Расход на единицу продукции конечной продукции или оказанной услуги |
|-------|------------------------|----------|--|--------------|----------------------|---|
| | | | | производства | годового потребления | |
| | | | | | | |

| | | | в произв одство | макс | мин | ед. изм. | макс | мин | макс | мин | |
|----|--|--------|-----------------------|---|-------------|-------------|-------|---------------|--------------|--------------|--------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | |
| 1 | Предприятие: А1/2 рудник 1 | | | | | | | | | | |
| 2 | Наименование: добыча полезных ископаемых | | | | | | | | | | |
| 3 | | | тонн | Бензин | 327421 9 | 180253 9 | тонн | 49 | 43 | 0,0000 27 | 0,0000 13 |
| 4 | | | тонн | Дизель ное топлив о | 327421 9 | 180253 9 | тонн | 11 868 | 7 322 | 0,0065 84 | 0,0022 36 |
| 5 | | Боксит | тонн | Факт потреб ления электр оэнерг ии за период 2016– 2020 гг . | 327421 9 | 180253 9 | квт.ч | 73 777 434 | 649 745 | 40,93 | 0,20 |
| 6 | Предприятие: А1/2 рудник 2 | | | | | | | | | | |
| 7 | Наименование: добыча полезных ископаемых | | | | | | | | | | |
| 8 | | | тонн | Бензин | 989797 | 303388 | тонн | 49 | 43 | 0,0001 62 | 0,0000 44 |
| 9 | | Боксит | тонн | Дизель ное топлив о | 989797 | 303388 | тонн | 5 791 | 2 080 | 0,0190 87 | 0,0021 01 |
| 10 | | | тонн | Электр оэнерг ия | 989797 | 303388 | квт.ч | 1 093 866 | 1 09 839 | 3,61 | 0,11 |
| 11 | Предприятие: А1/2 рудник 3 | | | | | | | | | | |
| 12 | Наименование: добыча полезных ископаемых | | | | | | | | | | |
| 13 | | | тонн | Бензин | 128510 0 | 546 | тонн | 49 | 49 | 0,0900 9 | 0,0000 4 |
| 14 | | Боксит | тонн | Дизель ное топлив о | 128510 0 | 546 | тонн | 4 888 | 2 570 | 8,9522 2 | 0,0020 0 |
| 15 | | | тонн | Потреб ление электр оэнерг ии | 128510 0 | 546 | квт.ч | 3 171 079 | 1 124 311 | 5 807,84 | 0,87 |

Сравнение уровней потребления сырья, топливно-энергетических ресурсов и воды при добыче бокситов из справочника BREF и ИТС 16–2016 приведено в таблице 1.21.

| | | | | | | | | | | |
|---|---|------|----------------------------|--------|--------|-------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------|
| 5 | первичный СТ АО 4049416 0-019- 2016 | тонн | каменно угольный пек | 270000 | 250000 | тонн | 27000, | 23000, | 0,108 | 0,085185 185 |
| 6 | | тонн | мазут М 100 | 270000 | 250000 | тонн | 8600, | 7900, | 0,0344 | 0,029259 259 |
| 7 | | тонн | фторид алюмин ия | 270000 | 250000 | тонн | 5800, | 4300, | 0,0232 | 0,015925 926 |
| 8 | | тонн | Электро энергия | 270000 | 250000 | кВт*ч | 4504803 360, | 3207642 500, | 18019,21 344 | 11880,15 7407407 |

Таблица 1.25. Удельный расход энергоресурсов

| № п/п | Наименование | Объем годового потребления | | | Технологические характеристики | | |
|-------|--|----------------------------|------------|------------|--------------------------------|-----------|-----------|
| | | ед. изм. | макс | мин | ед. изм. | макс | мин |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | Технологический процесс: производство алюминия первичного | | | | | | |
| 2 | Электрическая энергия | тыс. кВт·ч | 4 061 885 | 3 032 988 | кВт·ч/ т Al | 15 044,02 | 12 131,95 |
| 3 | | т.у.т. | 499 611,83 | 373 057,50 | т.у.т./ т Al | 1,85 | 1,49 |
| 4 | Технологический процесс: производство обожженных анодов | | | | | | |
| 5 | Мазут (котельно-печное топливо, низшая теплота сгорания 9700ккал/кг) | тонна | 9 000 | 7 900 | т/т ОА | 0,0604 | 0,05985 |
| 6 | | т.у.т. | 12 475,80 | 10 950,98 | - | - | - |
| 7 | Электрическая энергия | тыс. кВт·ч | 48 488 | 38 382 | кВт·ч/ т ОА | 325,42 | 290,78 |
| 8 | | т.у.т. | 5 964,00 | 4 721,04 | - | - | - |
| 9 | Итого ТЭР: | т.у.т. | 18 439,80 | 15 672,02 | т.у.т./ т ОА | 0,124 | 0,119 |

Показатели энергоэффективности

Показателем энергетической эффективности крупных технологических установок и производств является удельный расход энергетических ресурсов на единицу выпускаемой продукции. Приказом Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 31 марта 2015 года № 394 утверждены нормативы энергопотребления [13]. Нормативный расход электрической энергии, тепловой энергии и топлива по отрасли цветная металлургия приведен в таблице 1.26.

Таблица 1.26. Нормативы расхода электроэнергии на единицу продукции

| № п/п | Наименование производства | Единица продукции | Удельный расход электроэнергии на единицу продукции, Киловатт-час |
|-------|---------------------------|-------------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| | | | |

| | | | |
|----|--|---------------|--------------------|
| 1 | Обогатительные фабрики в цветной металлургии | тонна руды | 35 |
| 2 | Производство глинозема и анодной массы | | |
| 3 | глинозем | тонна | 757 |
| 4 | Анодная масса: | | |
| 5 | в среднем по крупным цехам | тонна | 60 |
| 6 | в среднем по мелким цехам | тонна | 75 |
| 7 | Производство алюминия | | |
| 8 | технологические операции, исключая электролиз | тонна | 570 |
| 9 | переплавка алюминия в электролитном цехе | тонна | 550 |
| 10 | электролизные производства цветной металлургии | тонна | |
| 11 | алюминий | тонна | 19 000, 15 150* |
| 12 | алюминиевый прокат | тонна проката | 6 000 |
| 13 | алюминиевые трубы | тонна труб | 12 000 |
| 14 | алюминиевые листы | тонна | 1 100 |
| 15 | алюминиевая фольга | тонна | 2 600 |

* удельный расход, определяемый расчетом.

Таблица 1.27. Сравнение фактического и нормативного расхода электроэнергии на единицу продукции

| № п/п | Производство / Предприятие | Расход энергии на тонну руды, кВт-ч/т | |
|-------|----------------------------------|---------------------------------------|-----------|
| | | Норматив | КТА |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Производство алюминия первичного | 19 000, 15 150 | 15 044,02 |
| 2 | Производство обожженных анодов | 60-75 | 325,42 |
| 3 | Производство глинозема | 757 | 478,18 |

Согласно таблице 1.27 фактический расход электроэнергии на единицу продукции при производстве обожженных анодов более чем в 4 раза превышает нормативный.

Направления повышения энергоэффективности

Как показывает мировая практика одним из методов повышения энергоэффективности является наличие системы энергоменеджмента, описанная в международном стандарте ISO 50 001 [14] или национальном стандарте СТ РК ИСО 50 001 [15].

В современных условиях мероприятия, направленные на повышение энергетической эффективности, можно условно разделить на три группы:

интенсивное энергосбережение – сокращение газонаполненности электролита, рационализация системы питания электролизера и повышение интенсивности растворения глинозема в электролите, сокращение частоты анодных эффектов, повышение эффективности управления теплоэнергетическим балансом электролизера, совершенствование алгоритмов управления процессом электролиза;

энергетическая модернизация – разработка и внедрение новых материалов – графитовых и антрацитово-графитных блоков для футеровки катодного кожуха, внесение дизайнерских изменений в конструкцию электролизера и форму катодов, совершенствование ошиновки и контактных узлов электрической цепи;

утилизационные мероприятия – охлаждение эвакуируемых от электролизеров газов с целями уменьшения их физических объемов и энергозатрат на транспортировку, мощностей эксплуатируемых газоочистных установок, а также использования теплоты охлаждаемых газов на нагрев теплоносителя, например, воды с дальнейшим использованием на технологические или энергетические нужды.

Снижение удельного расхода электроэнергии также достигается путем повышения выхода по току, которое обеспечивается внедрением автоматизированных систем управления процессом, рациональными конструктивными решениями оборудования и его обслуживанием.

Так как большая часть потребления электрической энергии приходится на электрический привод различных агрегатов, то при выборе электродвигателей необходимо принимать во внимание капитальные затраты, мощность и эффективность. В горнодобывающем производстве, где нужны мощные моторы, важно выбрать энергетически эффективный высококачественный двигатель [16].

Правильная эксплуатация приточной вентиляции и элементов аэрационных фонарей позволяет снизить расход силовой энергии, поскольку увеличение температуры ошиновки приводит к увеличению потерь энергии в ней. Соблюдение технологической дисциплины, поддержание оптимальных параметров процессов производства также являются важными направлениями, способствующими снижению расхода сырья и электроэнергии и недопущению возможности аварийных выбросов.

1.6. Основные экологические проблемы

Горнодобывающая деятельность неизбежно влияет на окружающую среду. Воздействие горнодобывающей деятельности на окружающую среду зависит от геологических особенностей, размера, формы месторождения и концентрации полезного компонента, природно-климатических особенностей территории расположения, а также от применяемых методов добычи и обогащения, выбранных технических и технологических решений, природоохранных мероприятий и др.

Горнодобывающая деятельность оказывает воздействие на все компоненты окружающей среды: недра, земли, почвы, поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух, растительный и животный мир.

Основными экологическими аспектами предприятий по производству алюминия являются выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, образование рудничных и шахтных вод, отходов (золашлаков и хвостов обогащения), использование земель.

а

б

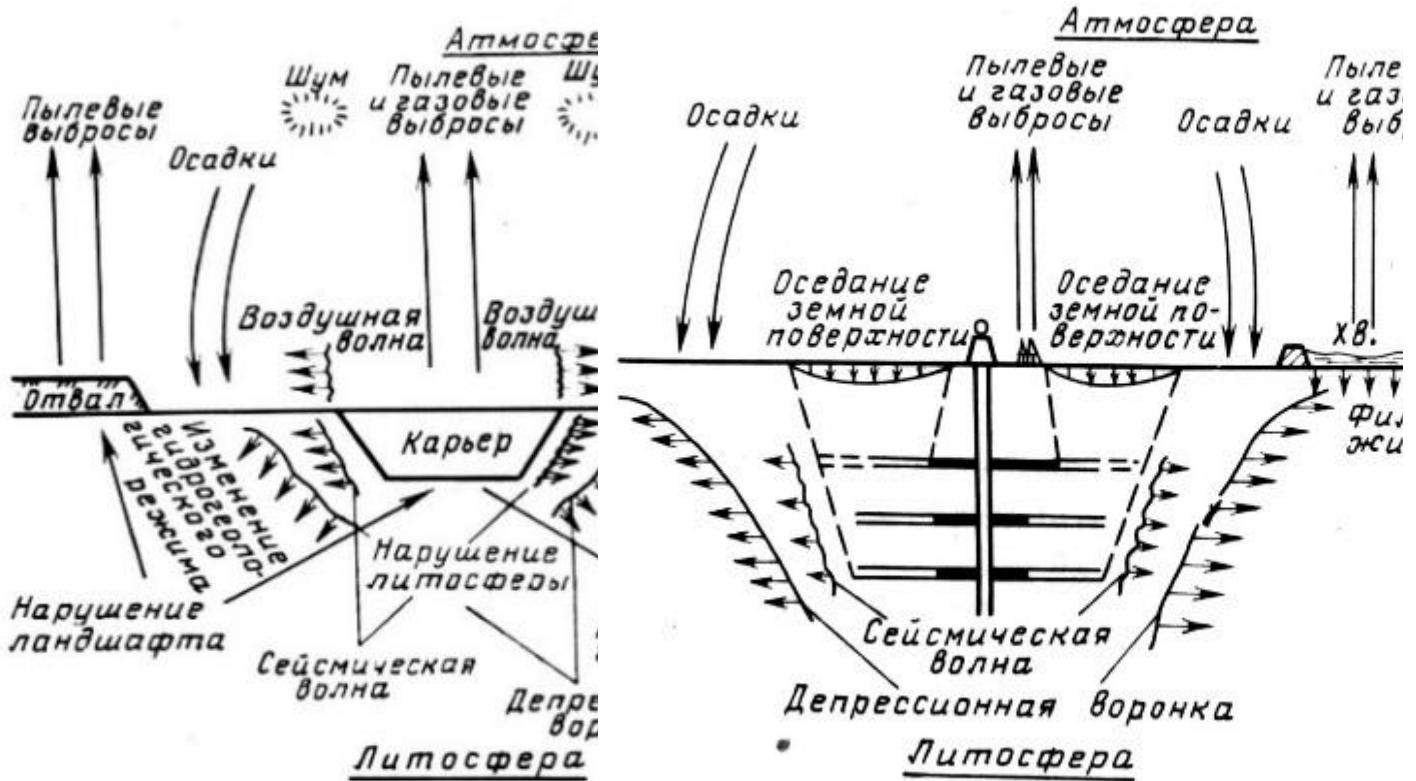


Рисунок 1.2. Схема взаимодействия, а - карьера и б - подземного рудника (шахты) с окружающей средой

Типичные вещества, потенциально способные вызвать загрязнение окружающей среды при производстве первичного алюминия:

- фтористый водород;
- плохо растворимые неорганические фториды;
- оксиды алюминия;
- оксид углерода;
- смолистые вещества;
- бенз(а)пирен;
- сернистый ангидрид.

1.6.1. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух

При добыче полезных ископаемых выбросы в атмосферный воздух поступают от взрывных работ, выемки и экскавации пород, дробления руды, транспортировки и погрузочно-разгрузочных работ, тонкого измельчения и обогащения, теплоснабжения,

транспорта и производственных машин, а также отсыпки хвостов и вмещающей породы. Наиболее существенными выбросами являются взрывные и выхлопные газы (CO_2 , CO , углеводороды, NO_x , SO_2 , тонкодисперсные твердые частицы), производственные газы, взвешенные вещества и минеральная пыль. Выбросы минеральной пыли (то есть взвешенных частиц) происходят при разных видах деятельности, например, при добыче руды, перевозке, погрузке, дроблении, измельчении, отсыпке вмещающих пород, складировании.

| | |
|---|---|
| Подготовка горных пород к выемке | <ul style="list-style-type: none"> Пыль при бурении скважин и шпуров Пыль и токсичные вещества из пылегазового облака и газов из взорванной горной массы Пыль с поверхностей откосов и площадок |
| Выемочно-погрузочные работы | <ul style="list-style-type: none"> Пыль при выемке горной массы различными выемочными машинами Пыль при погрузке и разгрузке (перегрузке) горной массы в транспортные средства, отвал или бункер |
| Транспортировка различных карьерных грузов | <ul style="list-style-type: none"> Пыль на технологических автодорогах Сдувание пыли из транспортных сосудов при перемещении полезных ископаемых, пустых пород и отходов обогащения Пыль на пунктах перегрузки Пыль при транспортировании руды из карьера конвейерным транспортом Выхлопные газы при работе автотранспортных средств и тяговых средства железнодорожного транспорта с двигателями внутреннего сгорания |
| Отвалообразование и складирование вскрышных (пустых) пород, отходов обогащения и руды | <ul style="list-style-type: none"> Пыль при укладке горной массы в отвалы и склады Пыление обнаженных поверхностей отвалов пустых пород, складов полезных ископаемых, шламохранилищ |
| Переработка руды | <ul style="list-style-type: none"> Выбросы от дробления и грохочения Пыль при складировании дробленой руды в буферные склады |

Рисунок 1.3. Основные источники и виды загрязнения атмосферы при производстве горных работ

Добыча и транспортировка руды

При добыче и транспортировке руды независимо от способа отработки месторождения, образуются выбросы минеральной пыли, выхлопных газов и взрывных газов. Минеральная пыль выделяется в воздух от руды, поверхности дорог, колес и грузовых платформ.

Загрязнение окружающей среды происходит за счет выделения вредных пыли из пылегазового облака и газов из взорванной горной массы. Используемые для добычи руды взрывчатые вещества (например, эмульсионные взрывчатые вещества, АСДТ)

при взрыве превращаются в водный пар, оксид и диоксид углерода, и оксиды азота. При взрыве образуется также дым. Объем этих газов составляет 0,7–1 м³ газа на килограмм взрывчатого вещества.

Образующийся при взрыве горячий газ захватывает с собой в атмосферу какое-то количество пыли горной породы. При этом объем поднимающейся в атмосферу пыли зависит от заряда и взрываемого материала. Материал горной породы осаждается в основном в непосредственной близости от рудника, но тонкая пыль может переноситься на большие расстояния. Например, графитная пыль распространяется на большую территорию и из-за способности пачкать легко заметна даже в небольших количествах.

Интенсивным и постоянно действующим источником загрязнения воздуха как в шахтах, так и карьерах является автотранспорт. Выхлопные газы двигателей внутреннего сгорания представляют сложную многокомпонентную смесь. В настоящее время в их составе определяется уже более 200 различных веществ. Самые опасные из газов - окись углерода (угарный газ), двуокись азота, двуокись серы, ЛОС.

Транспортировка руды и вскрышных пород происходит на территории предприятий по дорогам без покрытия, на которые попадают перевозимые горные массы. Минеральный материал измельчается в мелкую пыль под колесами тяжелого транспорта, покрывая поверхность дорог. Объемы транспортных выбросов пыли и выхлопных газов растут при промежуточных погрузках и разгрузках, а также по мере увеличения расстояния от рудника до цеха обогащения. При открытом способе разработки выбросов пыли и выхлопных газов значительно больше, чем при подземном способе, прежде всего из-за движения автотранспорта. Эти выбросы также лимитируются правилами охраны труда.

В рудничном воздухе могут оказаться такие газы, как азот, метан, окись углерода, сернистый газ, сероводород, оксиды азота, водород, тяжелые углеводороды, радон, аммиак и другие вредные газы, а также пары воды и пыль. Источниками являются взрывные работы, пожар, работа двигателей внутреннего сгорания, компрессорные газы, гниение органических веществ (гниение дерева в шахте), выделения из горных пород и шахтных вод.

Общее загрязнение атмосферы карьеров наблюдается, как правило, в периоды безветренной погоды и особенно при инверсиях. Оно возникает вследствие постепенного накопления вредных примесей при работе горнотранспортного оборудования, либо после массового взрыва, произведенного при неблагоприятных метеорологических условиях. При слабых ветрах возможно образование "трудно проветриваемых" зон с повышенными концентрациями вредных примесей, т. е.

местных загрязнений. Местные загрязнения атмосферы наблюдаются обычно в зонах наибольшей концентрации горнотранспортного оборудования: у разгрузочных площадок, рудоспусков, в выездных траншеях, а также на нижних горизонтах карьеров.

Рудоподготовка (дробление, грохочение)

Выбросы от дробления и грохочения во многом зависят от расположения оборудования. Выбросы блока дробления и грохочения, размещенного в помещении или в подземных выработках, обычно не вызывают большой нагрузки на окружающую среду, так как выбросы пыли лимитированы правилами охраны труда. Машины опрокидывают горную массу в загрузочное отверстие дробилки обычно все же на открытом пространстве, таким образом, пылевые выбросы невозможно полностью собрать для очистки. От полностью или частично расположенного на открытом воздухе блока образуется как правило больше пылевых выбросов, чем от оборудования, расположенного в помещении. Объем и состав пылевых выбросов блока, расположенного на открытом пространстве, зависят от погодных условий, вида руды, применяемой технологии. После дробления и грохочения на стадии размолла в атмосферу не поступает большого количества выбросов, так как размол проводится обычно в закрытом блоке в водной среде – пульпе.

Складирование и транспортировка горной массы

При складировании, погрузке и транспортировке горной массы, образуются выбросы от пыления и выхлопных газов транспортных средств, выделяющихся при сжигании топлива карьерным транспортом.

Места перегрузки горной массы (перегрузка с конвейера на конвейер, разгрузка автосамосвалов в отвал или бункер, разгрузка вагонов в бункер или в приямок экскаватора на отвале и т. д.) являются интенсивными источниками пылевыделения. Причем при работе роторных комплексов, дробильно-перегрузочных пунктов, разработке пород, передвижении автомобильного транспорта и бульдозерном отвалообразовании все операции технологического процесса сопровождаются активным пылевыделением.

Складирование горной массы на открытом пространстве обычно вызывает пыление, пыль с осадками может попадать в поверхностные и подземные водные объекты. Выбросы пыли могут выделяться от поверхности отвалов вскрышных пород и штабелей складированной готовой продукции или во время погрузки просыпающегося на землю сухого материала. Объемы пылевых выбросов при складировании зависят от погодных условий, а также от применяемых технологий.

Производство алюминия

Среди отраслей производства цветной металлургии алюминий занимает первое место, темпы его потребления выше стали, цинка, никеля, меди. Несмотря на эти

достоинства, выпуск алюминия экологически неблагоприятен, так отходы алюминиевой промышленности составляют порядка 190 тыс. тонн в год, из них перерабатывается и реализуется не более 33 %.

На разных этапах производства алюминия происходит образование вредных газов и твердых отходов, оказывающих негативное влияние на окружающую среду.

Выделение вредных компонентов при производстве алюминия происходит на этапе электролиза глинозема (технического оксида алюминия). В процессе электролиза образуются следующие загрязняющие вещества:

оксиды углерода, серы, азота;
фтористый водород;
бензпирен, дибензантрацен, безантрацен;
фторид натрия, фторид кальция;
смолистые вещества.

Металлосодержащая пыль включает малые примеси хрома, бериллия, лития, аэрозоли щелочей, канцерогенные соединения, вредные газы.

На современном алюминиевом производстве средней мощности на 1 тонну алюминия приходится ориентировочное количество выбросов:

фтористых соединений - 25 кг;
сернистого ангидрида - 30 кг.

Выброс загрязняющих веществ в атмосферу от деятельности АЗ по расчетным данным проектной документации характеризуется следующими показателями:

общее количество ИЗА составляет 183 источника, из них организованных – 138, неорганизованных – 45;

валовый выброс составляет 52 439 т/год. Основные загрязняющие вещества представлены в таблице ниже.

Таблица 1.28. Вещества, дающие наибольший вклад в выбросы АЗ

| № п/п | Наименование загрязняющего вещества | Выброс в 2020 году тонн по данным инвентаризации | Доля в общих выбросах, в % |
|-------|---|--|----------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Углерод оксид | 42 344 | 80,75 |
| 2 | Сера диоксид | 8 114 | 15,47 |
| 3 | Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния в %: более 70 (Динас) | 628 | 1,20 |
| 4 | Алюминий оксид (ДиАлюминий триоксид) | 565 | 1,08 |
| | Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния в %: менее 20 (доломит, пыль | | |

| | | | |
|----|---|-----|------|
| 5 | цементного производства - известняк, мел, огарки, сырьевая смесь, пыль вращающихся печей, боксит) | 265 | 0,51 |
| 6 | Фториды неорганические плохо растворимые (алюминия фторид, кальция фторид, натрия гексафторалюминат) | 226 | 0,43 |
| 7 | Окислы азота | 94 | 0,18 |
| 8 | Фтористые газообразные соединения | 74 | 0,14 |
| 9 | Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния в %: 70–20 (шамот, цемент, пыль цементного производства - глина, глинистый сланец, доменный шлак, песок, клинкер, зола, кремнезем, зола углей казахстанских месторождений) | 40 | 0,08 |
| 10 | В о з г о н ы каменноугольного пека с содержанием бенз/а/ пирена от 0,1 до 0,15 % | 13 | 0,02 |
| 11 | Прочие вещества* | 75 | 0,14 |

* в том числе выброс бенз/а/пирена 4,61 кг/год.

Организованные источники выбросов загрязняющих веществ: трубы газоочистных установок, трубы вентиляционных установок и дефлекторы производственных цехов. Основной источник выбросов – цех электролиза алюминия, который дает 90 % вклада (таблица 1.29). Неорганизованные источники выбросов загрязняющих веществ: участки проведения погрузочно-разгрузочных работ и движения специального транспорта по территории промплощадки.

Анализ данных разрешения на эмиссии на 2020–2023 годы показывает, что представленная выше структура выбросов загрязняющих веществ является стабильной и не претерпит существенных изменений в ближайшее время.

Таблица 1.29. Основные источники выбросов АЗ

| № п/п | Источник выбросов | Выброс в 2020 году тонн п о д а н н ы м инвентаризации | Доля в общих выбросах, в % |
|-------|--|--|-------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Трубы ГОУ цеха электролиза алюминия | 47 611 | 90,79 |
| | | | |

| | | | |
|----|--|-------|------|
| 2 | Аэрационные фонари цеха электролиза алюминия | 1 714 | 3,27 |
| 3 | Станция очистки обожженных анодов, станция отбора проб | 1 708 | 3,26 |
| 4 | Силос хранения нефтяного кокса | 352 | 0,67 |
| 5 | Электронагревательные печи миксеры | 348 | 0,66 |
| 6 | Выбросы от автотранспорта | 80 | 0,15 |
| 7 | СПУ дробление кокса | 68 | 0,13 |
| 8 | Узел пересыпки и транспортировки и хранения кокса | 59 | 0,11 |
| 9 | Дробление грейферного электролита | 54 | 0,10 |
| 10 | Узел пересыпки приемного устройства нефтяного кокса и зелена | 39 | 0,07 |
| 11 | Склад хранения зеленого скрапа | 33 | 0,06 |
| 12 | АМО очистка огарка | 29 | 0,06 |
| 13 | Участок переработки и хранения материалов оборотного использования | 17 | 0,03 |
| 14 | Расходная емкость склада хранения жидкого пека | 13 | 0,02 |
| 15 | Отделение изготовления подовой массы | 12 | 0,02 |
| 16 | Разгрузка глинозема из хоппер-вагонов | 11 | 0,02 |
| 17 | Сушка нефтяного кокса | 10 | 0,02 |
| 18 | Прочие ИЗА | 281 | 0,54 |

Согласно данным из таблицы 1.29 порядка 99 % всех выбросов отводятся через организованные источники.

Наибольший вклад в выбросы предприятия вносят технологические процессы, связанные с электролизом алюминия и использованием топливно-энергетических ресурсов.

Оксид углерода и диоксид серы составляют 96 % выбросов предприятия.

Выбросы от использования топливно-энергетических ресурсов происходят при производстве обожженных анодов, а также в результате сжигания дизельного топлива и бензина автотранспортом предприятия.

Согласно руководству ЕМЕП/ЕАОС по инвентаризации выбросов загрязняющих веществ [17] основными загрязнителями при производстве первичного алюминия являются:

CO_2 составляет основу выбросов в процессе электролиза;

фтористый водород составляет 50-80 % от выбросов фторидов, который образуется в результате реакции фторида алюминия и криолита с водородом в процессе электролиза;

перфторуглероды (PFC) образуются в результате воздействия анода. Тетрафторметан (CF_4) и гексафторэтан (C_2F_6) выделяются в соотношении 10:1 и не могут быть удалены из потока газа при помощи существующей технологии, когда они уже образованы;

выбросы полициклических ароматических углеводородов образуются при изготовлении анода;

SO_2 , сернистый карбонил (COS) выделяются в результате реакции кислорода с серой, присутствующей в анодах;

пыль выделяется в процессе электролиза в виде оксида алюминия и криолита. Литье также может быть источником выбросов пыли.

1.6.2. Сбросы загрязняющих веществ в водные объекты

Основным фактором воздействия на водную среду горнодобывающего предприятия является сброс поверхностных и шахтных вод, загрязненных взвешенными частицами и растворенными химическими веществами. Кроме того, при осушении карьеров дренажными шахтами в подземных условиях загрязняются дренируемые грунтовые воды, а при откачке шахтной воды образуются депрессионные воронки, радиус которых может достигать десятков километров. Источниками нагрузки на водоемы могут быть процессы обогащения, а также естественный сток с породных и рудных отвалов и хвостохранилища. К тому же водоемы могут загрязняться пылью, а также поверхностным стоком с поверхности водосбора. Ниже более подробно описывается нагрузка на водоемы от процессов добычи и обогащения руды.

Воздействие при добыче руды

Из карьера откачиваются на поверхность подземные воды и проникающий туда поверхностный сток для поддержания выработок в сухом состоянии. Потребность в откачивании воды зависит от геологических и гидрогеологических особенностей обрабатываемого месторождения. На химический состав откачиваемой воды влияет вещественный состав руды и вмещающих пород и применяемые для извлечения (добычи) полезного ископаемого взрывчатые вещества.

В зависимости от типа руды при ее добыче в воду могут проникать соли металлов. Так, при добыче сульфидных руд откачиваемые воды, как правило, кислые и металлосодержащие.

Вода, откачиваемая из горных выработок, может содержать кроме взвешенных веществ и высвобождающихся в реакциях окисления сульфидных минералов металлов и сульфатов еще и остатки взрывчатых веществ. Взрывчатые вещества обычно выполнены на основе аммиачной селитры, поэтому из них могут попадать в рудничные воды нитраты и ионы аммония, вызывающие эвтрофирование водоемов. Взрывчатые вещества могут содержать также органические соединения (например, минеральные масла), токсичные для водных организмов.

Невзорвавшееся при добыче руды взрывчатое вещество попадает с рудой в цех обогащения или с пустой породой в отвалы. Содержащаяся во взрывчатом веществе аммиачная селитра растворяется в воде прудов-отстойников или хвостохранилищ и вызывает загрязнение водоемов нитратным и аммиачным азотом.

Породные отвалы и открытые склады готовой продукции, расположенные на земельных отводах карьеров, шахт и фабрик, при таянии снегов или дождях становятся источниками загрязнения поверхностных и подземных (преимущественно грунтовых) вод. Атмосферная вода, попадая на отвал и стекая с его боковых поверхностей, загрязняется вследствие эрозии пород, а при фильтрации через породную толщу в большей или меньшей степени минерализуется.

При добыче руды качественное ухудшение состояния водных объектов и почв может быть последствием утечки масел, используемых в технологическом оборудовании, и химических реагентов с мест их хранения. Также рудничные воды могут содержать существенные концентрации горюче-смазочных материалов от горно-шахтного оборудования. В период производственной деятельности утечки нефтепродуктов в водоемы возможны вследствие повреждения гидравлических и топливных систем горнодобывающей техники.

Откачиваемая из карьера вода собирается в резервуар (водосборники), затем, исходя из степени загрязнения, направляется в отстойники или пруды-накопители для дальнейшей очистки и выпуска ее в окружающую среду. Дальнейшее воздействие сброса загрязненных сточных шахтных и карьерных вод в поверхностные водные объекты проявляется в изменении гидрологического и температурного режимов водотока, химического состава, повышении мутности и заиливании дна, что негативно сказывается на водном биоразнообразии, а также на возможностях дальнейшего использования водного объекта.

Воздействие при обогащении руд

При обогащении в водные объекты могут проникать загрязняющие вещества из руды. В процессе обогащения руда измельчается механически до мелких минеральных фракций. В процессе рудоподготовки грани кристаллов минералов повреждаются,

химический баланс минералов изменяется, тогда с их поверхности могут высвобождаться, например, металлы и сера в технологический процесс.

Значительное воздействие горнорудные проекты оказывают именно на качество воды и доступность водных ресурсов в районе проведения работ. Ключевой вопрос заключается в том, останутся ли запасы поверхностных и подземных вод пригодными для обеспечения нужд человека, а качество поверхностных вод в районе проведения горных работ приемлемым для поддержания первоначальной флоры и фауны водоемов, а также наземной живой природы.

Среди ключевых воздействий можно выявить:

1. Смыв почв и отходов горнодобывающей деятельности в поверхностные воды. Для большинства горнодобывающих проектов серьезной проблемой является возможность эрозии почвы и породы, в результате чего ухудшается качество поверхностных вод. Следовательно, борьба с эрозией должна вестись с самого начала эксплуатации рудника и до завершения рекультивации. Эрозия может вызвать значительное отложение осадков (и любых сопутствующих химических загрязнений) в близлежащих водоемах, особенно в случаях сильных ливней и в период активного снеготаяния. Основные источники эрозии/осадконакопления на участках горных работ могут включать в себя карьеры, отвалы пустой и вскрышной породы, хвостовое хозяйство, подъездные и транспортировочные пути, отвалы руды, места обслуживания техники, участки геологоразведочных работ, а также участки на стадии рекультивации. Также материалы из нарушенных участков (горных выработок, отвалов пустой породы, зараженной почвы и т. д.) могут разноситься вместе с собственно осадком еще и химические загрязнители, в основном тяжелые металлы.

2. Воздействие рудничного водоотлива. Откачка и сброс рудничных вод из горных выработок представляет собой комбинацию воздействий на окружающую среду. Когда водоносный горизонт находится выше подземных горных выработок или дна карьера, происходит накопление воды в горных выработках. В этом случае воду из горных выработок необходимо откачивать. В качестве альтернативы воду можно откачивать из скважин, окружающих шахту (карьер), создавая депрессионную воронку в водоносном горизонте, таким образом уменьшая проникновение воды в выработки. Когда рудник находится в работе, рудничные воды должны откачиваться постоянно, обеспечивая добычу руды. Однако, когда добыча руды завершается, откачка рудничных вод зачастую прекращается, что может привести к накоплению воды в трещинах, шахтах, горизонтальных выработках, карьерах и неконтрольному поступлению в окружающую среду. В некоторых областях серьезной проблемой могут стать истощение подземных вод и связанные с ними воздействия на поверхностные воды и близлежащие водно-болотные угодья.

Виды воздействия в результате понижения уровня подземных вод могут включать в себя сокращение или полное истощение поверхностных вод; снижение их качества и

разрушение связанной с водой хозяйственной деятельности; деградацию среды обитания (не только прибрежных зон, ручьев и водно-болотных угодий, но и на возвышенностях, где в случае снижения уровня грунтовых вод ниже зоны глубоких корней могут пострадать кустарниковые заросли); уменьшение или полное исчезновение воды в домашних колодцах; проблемы с количеством и качеством воды, связанные с перекачкой подземных вод обратно в поверхностные воды ниже по течению от места откачки (осушения).

Если осуществляется водоотлив, откачанную из рудника воду после соответствующей очистки можно использовать для смягчения неблагоприятного воздействия на поверхностные воды. Тем не менее, когда осушение прекращается, депрессионные воронки могут восстанавливаться десятилетиями, постоянно снижая объем поверхностного стока.

Меры по снижению уровня загрязнения, основанные на использовании откачанной воды для создания заболоченных территорий, могут осуществляться только в период проведения водоотлива [19].

Воздействие при производстве алюминия

Производственные стоки, образующиеся при использовании воды для различных технологических процессов производства.

Виды и концентрация загрязняющих веществ в сточных водах металлургических производств зависит главным образом от состава перерабатываемого сырья и применяемых технологических реагентов, а также качества очистки (обезвреживания) сточных вод.

Для обеспечения потребности в воде АЗ имеет две системы водоснабжения:

Техническое водоснабжение осуществляется двумя источниками: от водопроводных сетей г. Павлодар и подземными водами из 7 артезианских скважин.

Производственное водоснабжение завода производится по оборотной схеме, для чего существуют 4 узла водооборота. Узлы водооборота подают воду для охлаждения оборудования в литейном отделении ЦЭА, анодно-монтажном отделении (АМУ), компрессорной станции, кремниево-преобразовательной подстанции. Нагретая вода проходит охлаждение на вентиляторных градирнях, а затем возвращается в производственный процесс.

После использования образуются следующие виды сточных вод:

1. Хозяйственно-бытовые сточные воды с площадки завода по подземным сетям канализации собираются в канализационных насосных станциях (КНС), а также в приемном резервуаре станции очистки промстоков, откуда подаются на очистные сооружения хозяйственно бытовых стоков.

2. Проектная производительность станции очистки – 780 м³ в сутки.

Методы очистки сточных вод – механический и биологический с доочисткой в камерах коагуляции и флокуляции с последующим обеззараживанием стока на установке обеззараживания. Очищенные стоки сбрасываются в отстойный пруд действующего золоотвала ТЭЦ-1 А2;

Производственные сточные воды по мере необходимости проходят частичную очистку на станции промстоков типа LQGF-75.

В состав очистных сооружений входят: оборудование для коагуляции, оборудование для флотации, фильтры с загрузкой из кварцевого песка и активированного угля.

После очистки стоки возвращаются в производство. Номинальная производительность очистного оборудования – 75 м³/час. Способ управления – автоматический непрерывный режим работы. Время реакции стока с химическими реагентами – 16 минут. Период разделения – 30 минут.

3. Поверхностный сток с территории предприятия отводится самотеком по системе лотков и трубопроводов ливневой канализации в насосную станцию, оттуда по коллектору транспортируется для сброса в пруд-накопитель. Дождевые и талые воды с территории с твердым покрытием основных цехов (ЦЭА, ЦПЭ) отводятся самотеком по системе ливневой канализации в приемный резервуар станции очистки промстоков, откуда сбрасываются в пруд-накопитель.

Производственные сточные воды, которые образуются в процессе регенерации и промывки загрузки в фильтрах станции очистки промстоков, узлах водооборота и фильтрах для водоподготовки в котельных также отводятся по ливневой канализации с последующим сбросом в пруд-накопитель.

Приемником производственных и ливневых сточных вод с территории предприятия является пруд-накопитель, состоит из двух секций размерами 170 х 340 м каждая. Площадь пруда накопителя – 143250 м² (14,25 га). Проектная способность пруда-накопителя 250 000 м³. Емкость одной секции составляет 125 000 м³.

Сброс в пруд-испаритель осуществляется по двум водовыпускам: водовыпуск №1 (объем сброса 81 тыс. м³/год) и водовыпуск №2 (объем сброса 55 тыс. м³/год).

Таблица 1.30. Показатели сброса сточных вод в пруд-испаритель в 2019 году

| № п/п | Наименование показателя | Концентрация на выпуске мг/дм ³ | | Сброс, т/год | |
|-------|-------------------------|--|---------------|---------------|---------------|
| | | Водовыпуск №1 | Водовыпуск №2 | Водовыпуск №1 | Водовыпуск №2 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | Взвешенные вещества | 12,3 | 7,3 | 0,997 | 0,402 |
| 2 | Хлориды | 86,5 | 83,9 | 7,012 | 4,614 |
| 3 | Сульфаты | 48,72 | 48,7 | 3,95 | 2,678 |
| 4 | Железо общее | 0,08 | 0,18 | 0,006 | 0,0099 |

| | | | | | |
|----|---------------|-------|-------|--------|---------|
| 5 | Натрий | 64,3 | 86,32 | 5,2 | 4,747 |
| 6 | Кальций | 34 | 29 | 2,75 | 1,595 |
| 7 | Магний | 7,87 | 13,8 | 0,63 | 0,759 |
| 8 | Фториды | 8,86 | 4,3 | 0,7 | 0,236 |
| 9 | ПАВ | 0,018 | 0,012 | 0,0014 | 0,00066 |
| 10 | Нефтепродукты | 0,12 | 0,06 | 0,0097 | 0,0033 |
| 11 | Алюминий | 0,48 | 0,247 | 0,039 | 0,0136 |
| 12 | БПКполн | - | 2,93 | - | 0,161 |
| 13 | Фосфаты | - | 0,95 | - | 0,0522 |
| 14 | Аммиак | - | 0,99 | - | 0,0545 |
| 15 | ИТОГО | | | 21,29 | 15,326 |

1.6.3. Образование и управление отходами производства

Типичными отходами при добыче металлической руды являются отделяемая при добыче руды вмещающая порода, образующиеся в процессе обогащения хвосты и снимаемый поверхностный слой грунта на этапе строительства (особенно при открытом способе разработки месторождения).

Вмещающие породы

Вмещающие породы извлекаются и удаляются как при открытом, так и подземном способе для обеспечения добычи руды. В подземной добыче доля вмещающих пород обычно меньше, чем в открытой, где объемы изымаемых вскрышных и вмещающих пород могут быть в несколько раз больше, чем объем добываемой руды.

Возможности использования вмещающих пород зависят от их геотехнических особенностей и пригодности для окружающей среды. Вмещающие породы хорошего качества могут быть пригодны для сбыта за пределы рудника как строительный материал либо доизвлечения полезных компонентов/минеральных сырьевых ресурсов при наличии таковых.

Размещенные на территории рудника временно или постоянно на хранение отвалы пустой породы могут вызывать выбросы минеральной пыли и загрязнение водных объектов. Пустая порода складировается в виде крупнокускового материала, поэтому сильного пыления не происходит. Между крупными кусками может быть мелко измельченный при изъятии минеральный материал, который легко вызывает пыление. Возможное выветривание минерального материала, отсутствие гумусного слоя, обеспечивающего озеленение поверхности отвала, большая высота отвала увеличивают риск ветровой эрозии и вызываемой ею пылевой нагрузки.

Характер выбросов от пустой породы зависит в основном от минералогического и химического состава материала. Если отвал пустой породы содержит сульфидные минералы и является кислотообразующим, то кислые и содержащие металлы стоки из

отвала могут загрязнять поверхностные и подземные водные источники. Вымываемые с хвостохранилищ воды содержат также взрывчатые вещества, которые вызывают загрязнение ближайших водоемов азотом.

Хвосты обогащения

Образующиеся в процессе обогащения руд цветных металлов отходы или отвальные хвосты состоят из тонкоизмельченных рудных минералов и вмещающей породы. Хвосты размещаются на постоянное хранение в виде пульп в хвостохранилище, где твердый материал осаждается на дно бассейна, а осветленная вода подается на обработку, циркуляцию в обороте технической воды. По проекту эксплуатации хвостохранилища при намыве пляжей хвостами дамбу постоянно наращивают скальными породами для увеличения вместимости хвостохранилища.

Применение хвостов ограничивают их физические свойства (например, мелкозернистость, прочность) и химические свойства (например, сульфидные хвосты: кислотный потенциал, экологически вредные металлы). Объемы размещаемых на постоянное хранение хвостов можно уменьшить, используя фракции для заполнения пустот подземного рудника либо методы "сухого складирования хвостов" [20].

Хвостохранилище может вызвать пылевые выбросы, загрязнение водоемов и иногда распространяет неприятный запах. Поступающие в виде пульпы на хвостохранилище отходы обогащения являются мелкозернистыми и при высыхании могут вызывать сильное пыление. Пылению способствует большая площадь хвостохранилища и расположение выше уровня земли. В период действия обогатительной фабрики размещение хвостов по всей окружности борта хвостохранилища предотвращает их высыхание. При подаче пульпы с борта хвостохранилища мелкозернистые частицы хвостов перемещаются в центр пруда, более крупные остаются недалеко от места разгрузки. Пыление вероятно в летний период особенно при сухой и ветреной погоде с сухих бортов ограждающих дамб, а также с участков, ограниченных дамбой обвалования и урезом воды пруда-отстойника. Запах редко может исходить при возможных химических и биологических реакций, происходящих в пруде-отстойнике.

Загрязняющие вещества поступают от хвостохранилищ в подземные водные объекты в результате инфильтрации. Химический состав сточных вод хвостохранилища зависит от состава месторождения, применяемой технологии и реагентов обогащения, а также способа размещения хвостов и строения хвостохранилища.

Сточные воды рудников металлической руды обычно кислые и содержат какое-то количество тяжелых металлов и металлоидов, присутствующих в данной руде.

Объем воды в хвостохранилище регулируется удалением воды из пруда через водосбросный колодец. Вода поступает обычно в отстойник, откуда после осветления возвращается обратно в технологический процесс. Дамба состоит из насыпанной

пионерной дамбы, при намыве хвостов образуется по внутреннему периметру дамбы широкая сухая полоса (так называемый пляж) между дамбой и урезом воды пруда-отстойника для обеспечения стабильности гидротехнического сооружения. Кроме обычного сброса сточных вод сквозь дамбу может просачиваться инфильтрат (рисунок 1.4).

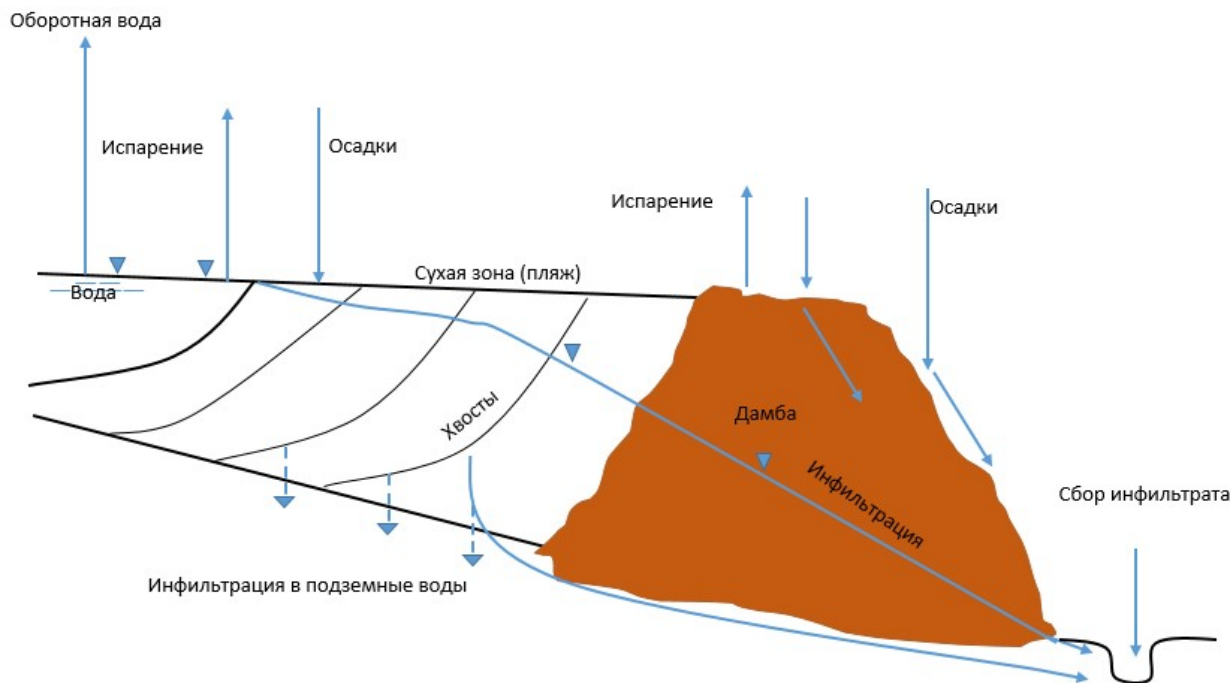


Рисунок 1.4. Поток воды в зоне дамбы хвостохранилища, где нет плотного основания

Инфильтрат обычно собирается в обводной канал, откуда вода может подаваться обратно на хвостохранилище, если по своему качеству она не пригодна для сброса в водоем. Через дно пруда возможна также инфильтрация в подземные воды, если основание пруда выполнено из водопроницаемого грунта. Обычно на стадии строительства хвостохранилища изучаются свойства грунта, при необходимости основание уплотняется искусственными противофильтрационными материалами (например, полимерное пленочное покрытие, бентонит и т. п.).

Удаляемые земляные массы

На начальном этапе деятельности горного предприятия, особенно при строительстве открытого карьера, поверхность месторождения руды очищается от поверхностного слоя земли. Эти земляные массы складываются поблизости и используются по возможности в земляных работах рудника. Сохраненный растительный слой может быть применен для рекультивации участка после закрытия рудника. В этом случае речь идет о длительном хранении почвогрунта. Если данный грунт не подходит для применения в земляных работах во время строительства или после закрытия рудника из-за своих геотехнических особенностей или экологической

неприемлемости, то он размещается на участке на постоянное хранение. Объем и состав удаляемых земляных масс зависят от масштабов разработки, толщины и строения поверхностных грунтов.

Осадки и шламы

При обработке рудничных вод могут образовываться как осадки, так и шламы (илы). Минеральный гидроксидный осадок образуется при химической обработке воды, например, при нейтрализации или осаждении. Гидроксидный осадок образуется также в результате аэрации железосодержащей воды в хвостохранилище. Состав осадка зависит от химического состава воды и использованных реагентов.

При обработке воды образуется шлам (ил) в т. ч. при удалении взвешенных веществ из рудничной и технологической воды. Взвешенные вещества удаляются из воды обычно путем отстаивания, осаждения или седиментации в бассейне-осветлителе. При открытом способе добычи бассейны находятся недалеко от карьера на поверхности земли. Осветление технологической воды проводится чаще всего на территории хвостохранилища до возвращения ее в производственный цикл. На дне бассейнов-осветлителей собирается шлам (ил), который состоит из мелко размолотых рудных минералов и просеянного материала и может содержать также остатки взрывчатых веществ (ил шахтных и карьерных вод). Осадок и ил размещается на постоянное хранение на территории рудника или на специально созданных для этого полигонах, или вместе с другими отходами рудника. Требования относительно постоянного размещения зависят от состава осадка и ила. В зависимости от состава и размещения осадка и ила с ними могут быть связаны пылевые выбросы и со стоками рудника попадающие в водоемы сбросы.

Отходы сортируются и направляются на рециклинг или полигон хранения. Объем вывозимых на полигоны отходов должен быть минимальным. Канализационные воды проходят биохимическую очистку или на самом предприятии, или на муниципальных очистных сооружениях.

Компоненты технологических отходов от алюминиевого производства

В процессе получения и использования алюминия и его соединений образуется огромное количества отходов.

Утилизация отходов производства – одно из важнейших направлений отрасли. Утилизация отходов позволяет снизить себестоимость производимого алюминия за счет экономии сырья, материалов, энергии путем создания малоотходной или безотходной, ресурсосберегающей технологии [21].

Характерные компоненты технологических отходов от алюминиевого производства

:

- отработанные аноды (сколы, огарки анодов);
- отработанная угольная футеровка электролизеров;
- отработанная огнеупорная футеровка электролизеров;

угольная пена;
шлам газоочистки (включая пыль электрофильтров);
пековый осадок;
огнеупорная футеровка (ковши, миксера литейного производства).

Отходы производства образуются на всех технологических этапах получения алюминия. При производстве анодов и анодной массы выделяется отработанная футеровка печей обжига и прокалки.

На анодных производствах алюминиевых заводов данные отходы передаются на переработку сторонним организациям по производству огнеупоров или размещаются на полигонах производственных отходов. При непосредственном производстве первичного алюминия основными отходами являются отработанная угольная, кирпичная футеровка электролизеров и угольная пена. Угольная пена может быть использована в производстве фторсолей, которые используются для получения первичного алюминия, отходом производства которого и является угольная пена. Отработанная угольная и кирпичная футеровка размещаются на полигоне промышленных отходов. Угольную футеровку также передают сторонним организациям на утилизацию.

Таблица 1.31. Перечень отходов основных производственных процессов

| № п/п | Наименование отходов | Образование, т/год | Передача сторонним организациям, т/год | Способ обращения и утилизации |
|-------|--|--------------------|--|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Пыль, улавливаемая фильтрами | 6 400 | 6 400 | Передаются или реализуются сторонним организациям по договору |
| 2 | Отработанная футеровка ковшей, миксеров, электролизеров и индукционных печей | 5 786 | 5 786 | |
| 3 | Углеродсодержащая пыль | 3 612 | 3 612 | |
| 4 | Угольная пена | 1 890 | 1 890 | |
| 5 | Отработанная футеровка печи обжига | 180 | 180 | |
| 6 | Алюминиевый шлак | 2 160 | 400 | Реализуются сторонним организациям |
| 7 | Лом черных металлов и огарки сварочных электродов | 1 610 | 1 610 | |
| 8 | Чугунный шлак | 271 | 271 | Передается или реализуется сторонним |

Собственные полигоны по размещению и утилизации отходов на предприятии отсутствуют, все отходы передаются сторонним организациям занимающихся утилизацией, переработкой и размещением отходов.

1.6.4. Шум и вибрация

На предприятиях горнодобывающей промышленности в силу специфических особенностей технологии добычи полезных ископаемых на работников одновременно действует многообразие неблагоприятных факторов производственной среды (пыль, шум, вибрация, неблагоприятный микроклимат и др.), степень выраженности которых во многом зависит от конкретных климатогеографических и горно-геологических условий на предприятиях.

В деятельности горных предприятий основными источниками шума и вибрации являются взрывные, буровые работы, процессы погрузки и перевозки горной массы, шум от двигателей транспортных средств, конвейерный и железнодорожный транспорт, вентиляторные установки, дробление, раскалывание слишком крупных каменных глыб, связанная с дроблением сортировка, измельчение. Совокупное воздействие от работающих экскаваторов, бульдозеров, взрывных работ, транспорта, дробления и измельчения руды, а также складирования материала в отвалы может значительно повлиять на окружающую среду и жителей близлежащих районов. На обогатительных фабриках шум и вибрация связаны с рудоподготовкой в цехах дробления и измельчения, а также в отделении воздуходувок. Процессы производственного цикла, начиная с дробления, проходят в основном в закрытых помещениях. При этом воздействие шума может быть ограничено с помощью проектных решений. В некоторых случаях источники шума цеха обогащения и вспомогательных операций (возхоудувки и проч.) могут быть существенными из-за их узкополосности.

Вибрация связана с работой разнообразной техники, используемой в добыче полезных ископаемых, но взрывные работы считаются ее основным источником. Вибрация влияет на стабильность инфраструктуры, зданий, человеческого жилья вблизи крупномасштабных горнодобывающих предприятий. При взрывных работах кроме вибрации наблюдается колебание воздуха, которое находится частично в частотном диапазоне слуха человека, а частично ниже его. Это низкочастотное, появляющееся при взрыве колебание воздуха называется волной атмосферного давления. Факторы, влияющие на силу волны, меняются в зависимости от взрыва, что усложняет оценку силы волны атмосферного давления. На распространение волны атмосферного давления в окружающую среду и риск наносимого ею ущерба влияют погодные условия, рельеф, препятствия и направление волны. Волна атмосферного давления большая, когда взрыв происходит в воздухе или поверхностным зарядом.

В производственных условиях разнообразные машины, аппараты и инструменты, являются источниками шума, вибрации.

Шум и вибрация являются общераспространенными проблемами, связанными с металлургической отраслью, а их источники встречаются практически во всех стадиях технологического процесса.

Производственный шум, излучаемый установкой в окружающую среду, является фактором негативного воздействия, имеющим медицинские, социальные и экономические аспекты.

Самыми значительными источниками шума и вибрации являются: транспортировка и обработка сырья и продуктов производства; производственные процессы, связанные с пирометаллургическими операциями и измельчением материалов; использование насосов и вентиляторов; сброс пара; срабатывание автоматических систем сигнализации.

Шум и вибрация могут быть измерены несколькими способами, но, как правило, они являются специфическими для каждого технологического процесса, при этом необходимо учитывать частоту звука и местоположение населенных пунктов от производственной площадки.

Надлежащее техническое обслуживание способствует предотвращению разбалансировки оборудования, например, вентиляторов и насосов. Соединения между оборудованием могут быть сконструированы специальным образом для предотвращения или минимизации передачи шума. К общим методам снижения шума можно отнести: использование насыпей для экранирования источника шума, корпусов из звукопоглощающих конструкций для установок или компонентов, издающих шум, антивибрационных опор и соединителей для оборудования, тщательная настройка установок, издающих шум, изменение частоты звука. Максимально допустимый уровень звука на рабочих местах производственных и вспомогательных зданиях составляет 95 дБА.

Для измерения характеристики шума и вибрации на производстве существуют специальные приборы – шумомеры, анализаторы частоты шума и вибрации.

1.6.5. Воздействие на земельные ресурсы и почвенный покров

Горные работы обычно изменяют окружающий ландшафт, поскольку обнажают ранее нетронутые рыхлые материалы.

Риски для здоровья населения и экологии, связанные с почвами, можно разделить на две категории: (1) загрязнение почвы в результате разноса пыли ветром и (2) загрязнение почвы в результате утечек химических веществ. Летучая пыль может представлять собой серьезную экологическую проблему на некоторых рудниках. Токсичность пыли зависит от близости добываемой руды к конечным реципиентам. Высокие уровни тяжелых металлов и радионуклидов в переносимой ветром пыли обычно представляют собой наибольший риск. Почвы, которые подверглись

химическому загрязнению в результате разливов на рудниках, могут представлять прямую и непосредственную опасность в случае, если эти материалы используются для возведения насыпей, создания декоративного антропогенного ландшафта или в качестве добавок к почве [18].

Складирование отвальных хвостов требует значительных площадей земельных участков под хвостохранилища. Объем хвостов равен объему добытой руды с вычетом 2–3 % выхода концентрата. Хвостовое хозяйство является гидротехническим сооружением, которое включает хвостохранилище, пруд отстойник, аварийный пруд, оконтуренные ограждающими дамбами, а также комплекс насосных станций для перекачки хвостов и воды. Занимаемые площади с каждым годом растут с объемом добытой руды. Основную угрозу для земельных ресурсов и почвенному покрову может явиться прорывы дамбы или трубопровода, при которых будут затоплены гектары земельных участков.

1.6.6. Воздействие на флору и фауну

Горные работы наносят как прямой, так и косвенный урон дикой природе, воздействуют на окружающую среду и связанную с ней биотипы путем уничтожения растительности и верхнего плодородного слоя почвы, перемещения фауны, выбросов загрязняющих веществ и шумового воздействия. Некоторые виды воздействия являются кратковременными и ограничены территорией горного отвода, другие могут иметь далеко идущий долгосрочный эффект.

Воздействие на животный мир на рассматриваемых территориях выражается в исключении площади отвода земель как местообитания, факторе беспокойства, связанного с присутствием людей, работой техники и движения автотранспорта.

Горные работы на поверхности могут привести к деградации водных местообитаний, при этом воздействие будет ощущаться на значительной площади от предприятия.

1.6.7. Воздействие при ликвидации и рекультивации

Закрытие добывающего предприятия и рекультивационные работы становятся актуальными, когда экономически выгодные запасы руды истощаются, или, горнодобывающая деятельность окончательно прекращается. Целью рекультивации и ликвидации последствий производственной деятельности горнодобывающего предприятия является возвращение участка земли в состояние максимально идентичное его исходному состоянию с целью предотвращения выделения токсичных загрязняющих веществ из различных производственных объектов.

При выполнении ликвидационных и рекультивационных работ, как и при производственной деятельности, возможно загрязнение атмосферного воздуха твердыми (пыль) и газообразными (выхлопные газы) веществами, образование и

размещение отходов от демонтажа зданий и сооружений, образование загрязненного поверхностного стока и сброса шахтных вод в водные объекты, физические факторы воздействия.

Надлежащее выполнение ликвидационных работ предотвращает образование загрязненных стоков, нарушение целостности дамб.

При заполнении выработанного пространства водой абсорбированные на ее стенах продукты взрывчатых веществ (нитратный и аммиачный азот), использованные в горных работах и образованные во время закладки продукты окисления сульфидов смываются и способствуют распространению загрязненной воды по трещинам в подземные воды или путем поверхностного слива в водоемы.

Кроме нагрузки сточных вод на водные объекты могут наблюдаться пылевые выбросы, в т. ч. из-за пыления поверхности незакрытых отвалов, хвостохранилищ или мест выемки руды. Так же, как и химический состав стоков, состав пыли зависит от минералогического и химического состава месторождения. Пыль может содержать вредные для окружающей среды тяжелые металлы или полуметаллы, также сульфидные минералы, окисление которых может вызывать закисление почв и вследствие этого также закисление поверхностных и подземных вод. В частности, если на поверхность поднята порода с кислой реакцией, то такие отвалы очень долго не покрываются растительностью.

Другими возможными факторами риска для окружающей среды после закрытия карьера или рудника могут быть просадки грунта (провальные воронки), оседание земли и обвалы горных выработок или отвалов пустых пород.

Работы по ликвидации и рекультивации последствий деятельности горнодобывающего предприятия должны проводиться в соответствии с требованиями национального законодательства при составлении плана ликвидации.

1.6.8. Запах

К источникам запахов при производстве алюминия можно отнести криолит (запах фтора), органические соединения и растворители, металлические пары, образующиеся при электролизе алюминия и очистке сточных вод, а также кислые газы.

Запахи также могут образовываться при транспортировке материалов сырья при производстве алюминия, таких как: каменноугольный пек, нефтяной кокс, мазут и т.п., а также при очистке газообразных соединений на установках ГОУ (оксиды углерода, фтористые газообразные соединения, оксиды серы, бензапирен).

Правильное проектирование и надежная эксплуатация технологического оборудования при обработке металлов, а также выбор соответствующих реагентов являются одними из предупреждающих мер по предотвращению запахов.

Производственный контроль запахов основан на предотвращении или сведении к минимуму использования материалов с резким запахом, локализации и устранении

пахучих материалов и газов до их рассеивания и разбавления, обработке материалов путем дожигания или фильтрации (если это возможно).

1.7. Снижение воздействия на окружающую среду

Для улучшения показателей в области экологической безопасности рассматриваются:

возможность последовательного перехода от реализации мероприятий по устранению ущерба к оценке потенциальных экологических рисков и внедрению мер по предупреждению негативного воздействия производственной деятельности на окружающую среду;

совершенствование процессов в рамках системы экологического менеджмента.

Одной из основных природоохранных задач предприятия является снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Большое разнообразие методов, способов очистки газопылевых смесей и конструкций установок связано с рядом существенных обстоятельств:

стремлением реализовать наиболее эффективные технологии очистки, рационально сочетающие процессы нейтрализации, улавливания нескольких примесей и рассеивания очищенного газа в атмосфере (создание многоступенчатых систем пылегазоочисток и их интегрирование с системами утилизации уловленных компонентов);

реализацией эколого-экономических требований обеспечения качества окружающей среды (очистка выбросов в атмосферу должна осуществляться с минимальными затратами при минимальном ущербе окружающей среде).

В дополнение к этим актуальным, перспективными направлениям деятельности по снижению негативного воздействия на окружающую среду являются следующие:

1. Совершенствование существующих и внедрение новых технологий производства продукции, при которых обеспечивается минимальное образование и поступление загрязняющих веществ в атмосферу. Для действующих производств необходимо выполнять требования технологического регламента и не допускать отклонения от него. В случае возникновения аварийных ситуаций или при неблагоприятных метеорологических условиях переходить на режимы работы, не допускающие существенных загрязнений окружающей среды. Одними из мер для действующего производства являются реализация технологий снижения выбросов за счет герметизации оборудования, применение методов нейтрализации образующихся в рабочей зоне вредных веществ, использование эффективных средств отведения технологических газов, а также замена изношенного оборудования и оснащение технологических объектов средствами автоматизированного контроля загрязнений.

2. Совершенствование существующих и внедрение новых технологий очистки пылегазовых выбросов и рассеивания их в атмосфере. Прежде всего это

конструктивное совершенствование оборудования и замена изношенных аппаратов на новые (аналогичные заменяемым или более эффективные).

К мерам, применяемым для снижения воздействия на окружающую среду, можно также отнести перевод неорганизованных источников выбросов в организованные посредством, например, использования укрытий для открытых площадок хранения сыпучих материалов.

Особое значение имеет устройство специализированных установок очистки, обеспечивающих наибольший эффект улавливания и нейтрализации вредных примесей выбросов данного технологического объекта.

2. Методология определения наилучших доступных техник

Процедура определения НДТ для области применения настоящего справочника по НДТ организована НАО "Международный центр зеленых технологий и инвестиционных проектов" в лице Бюро НДТ (далее – Центр) и технической рабочей группой по вопросам разработки справочника по НДТ "Производство алюминия" в соответствии с положениями Правил и методологией определения НДТ.

В рамках данной процедуры учтены международная практика и подходы к определению НДТ, основанные на справочном документе Европейского союза по НДТ "Справочный документ по НДТ для производства цветных металлов" (Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Non-Ferrous Metals Industries), справочном документе Европейского Союза по экономическим аспектам и вопросам воздействия на различные компоненты окружающей среды "EU Reference Document on Economics and Cross-Media Effects", а также руководстве по определению НДТ и установлению уровней экологической эффективности для выполнения условий получения экологических разрешений на основе НДТ "Best Available Techniques for Preventing and Controlling Industrial Pollution, Activity 4: Guidance Document on Determining BAT, BAT-associated Environmental Performance Levels and BAT-based Permit Conditions".

2.1. Детерминация, принципы подбора НДТ

Определение НДТ основывается на соблюдении последовательности действий технической рабочей группой по вопросам разработки справочника по НДТ "Производство алюминия":

1. Определение ключевых экологических проблем для отрасли с учетом маркерных загрязняющих веществ эмиссий.

Для каждого технологического процесса производства алюминия определен перечень маркерных веществ (более детальная информация приведена в разделе 6 настоящего справочника по НДТ).

Метод определения перечня маркерных веществ основывался преимущественно на изучении проектной, технологической документации и сведений, полученных в ходе

проведенного КТА предприятий, относящихся к области применения настоящего справочника по НДТ.

Из перечня загрязняющих веществ, присутствующих в эмиссиях основных источников загрязнения, для каждого технологического процесса в отдельности был определен перечень маркерных веществ при условии их соответствия следующим характеристикам:

вещество характерно для рассматриваемого технологического процесса (вещества, обоснованные в проектной и технологической документации);

вещество оказывает значительное воздействие на окружающую среду и (или) здоровье населения, в том числе, обладающее высокой токсичностью, доказанными канцерогенными, мутагенными, тератогенными свойствами, кумулятивным эффектом, а также вещества, относящиеся к стойким органическим загрязняющим веществам.

2. Определение и описание техник-кандидатов, направленных на комплексное решение экологических проблем отрасли.

При формировании перечня техник-кандидатов рассматривались технологии, способы, методы, процессы, практики, подходы и решения, которые направлены на комплексное решение экологических проблем области применения настоящего справочника по НДТ, из числа имеющихся в Республике Казахстан (выявленных в результате КТА) и в международных документах в области НДТ, в результате чего был определен перечень (количество) из техник-кандидатов, представленные в разделе 5.

Для каждой техники-кандидата приведено технологическое описание и соображения касательно технической применимости техник-кандидатов; экологические показатели и потенциальные выгоды от внедрения техники-кандидата; экономические показатели, потенциальные кросс-медиа (межсредовые) эффекты и необходимые условия.

3. Анализ и сравнение техник-кандидатов в соответствии с показателями технической применимости, экологической результативности и экономической эффективности.

В отношении рассматриваемых в качестве НДТ техник-кандидатов была проведена оценка в следующей последовательности:

- 1) оценка техники-кандидата по параметрам технологической применимости;
- 2) оценка техники-кандидата по параметрам экологической результативности;

Был проведен анализ экологического эффекта от внедрения техник-кандидатов, выраженный в количественном значении (единица измерения или % сокращения/увеличения), в отношении следующих показателей:

- атмосферный воздух: предотвращение и (или) сокращение выбросов;
- водопотребление: сокращение общего водопотребления;
- сточные воды: предотвращение и (или) сокращение сбросов;

почва, недра, подземные воды: предотвращение и (или) сокращение влияния на компоненты природной среды;

отходы: предотвращение и (или) сокращение образования/накопления производственных отходов и/или их вторичное использование, восстановление отходов и энергетическая утилизация отходов;

потребление сырья: сокращение уровня потребления, замещение альтернативными материалами и (или) отходами производства и потребления;

энергопотребление: сокращение уровня потребления энергетических и топливных ресурсов; использование альтернативных источников энергии; возможность регенерации, рециклинга веществ и рекуперации тепла; сокращение потребления электро- и теплоэнергии на собственные нужды;

шум, вибрация, электромагнитные и тепловые воздействия: снижение уровня физического воздействия.

Также учитывалось отсутствие или наличие кросс-медиа эффектов.

Соответствие или несоответствие техники-кандидата каждому из вышеперечисленных показателей основывалось на сведениях, полученных в результате КТА.

3) оценка техники-кандидата по параметрам экономической эффективности.

Оценка экономической эффективности техники-кандидата не является обязательной, однако, по решению большинства членов технической рабочей группы, экономическая оценка НДТ проводилась членами технической рабочей группы-представителями промышленных предприятий в отношении некоторых техник, имеющих внедрение и эксплуатируемых на хорошо функционирующих промышленных установках/заводах.

Факт промышленного внедрения устанавливался в результате анализа сведений, выявленных в результате КТА.

4. Определение технологических показателей, связанных с применением НДТ.

Определение уровней эмиссий и иных технологических показателей, связанных с применением НДТ в большинстве случаев применено в отношении техник, обеспечивающих снижение негативного антропогенного воздействия и контроль загрязнения на конечной стадии производственного процесса.

Так, технологические показатели, связанные с применением НДТ, определялись в том числе и с учетом уровней национального отраслевого "бенчмарка", что подтверждено документами проведенного КТА.

2.2. Критерии отнесения техник к НДТ

В соответствии с п. 3 ст. 113 Экологического кодекса НДТ определяются на основании сочетания следующих критериев:

- 1) использование малоотходной технологии;
- 2) использование менее опасных веществ;

3) способствование восстановлению и рециклингу веществ, образующихся и используемых в технологическом процессе, а также отходов, насколько это применимо ;

4) сопоставимость процессов, устройств и операционных методов, успешно испытанных на промышленном уровне;

5) технологические прорывы и изменения в научных знаниях;

6) природа, влияние и объемы соответствующих эмиссий в окружающую среду;

7) даты ввода в эксплуатацию для новых и действующих объектов;

8) продолжительность сроков, необходимых для внедрения наилучшей доступной техники;

9) уровень потребления и свойства сырья и ресурсов (включая воду), используемых в процессах, и энергоэффективность;

10) необходимость предотвращения или сокращения до минимума общего уровня негативного воздействия эмиссий на окружающую среду и рисков для окружающей среды;

11) необходимость предотвращения аварий и сведения до минимума негативных последствий для окружающей среды;

12) информация, опубликованная международными организациями;

13) промышленное внедрение на двух и более объектах в Республике Казахстан или за ее пределами.

2.3. Экономические аспекты внедрения НДТ

2.3.1. Подходы к экономической оценке НДТ

НДТ как правило широко известны во всем мире, а экономическая оценка является дополнительным критерием для принятия решения о возможности или отказе от внедрения НДТ. НДТ также считается приемлемой, если есть однозначные свидетельства/примеры результатов еѸ успешной промышленной эксплуатации. Так, странами ЕС при определении НДТ учитываются только технологии, уже вышедшие на промышленную эксплуатацию, и природоохранная эффективность которых подтверждена практически.

Следует понимать, что НДТ не всегда приносят экономический эффект и их применимость определяется инвестиционной обоснованностью использования тех или иных технологических процессов, установок/агрегатов/оборудования, стоимости реагентов и компонентов, соотношения затрат и выгод, стоимости капитала, сроков реализации внедрения НДТ и многих других факторов. Общая экономическая эффективность НДТ определяется финансово-экономическими условиями конкретного предприятия и планово-экономические финансовые службы предприятия проводят самостоятельное технико-экономическое обоснование осуществимости НДТ.

В соответствии с общепринятыми в мировой практике подходами, экономическая оценка эффективности внедрения НДТ может осуществляться различными способами:

по инвестиционной обоснованности затрат;

по анализу затрат и выгод;

по отношению затрат к ряду ключевых показателей предприятия: оборот, операционная прибыль, добавленная стоимость и др. (при доступности соответствующих финансовых данных);

по затратам к достигаемому экологическому результату и др.

Каждый из способов экономической оценки отражает результат реализации мероприятий по охране окружающей среды на различные аспекты финансово-экономической деятельности предприятия и может служить источником принятия решения по НДТ. Оператор объекта применяет к экономической оценке НДТ наиболее приемлемый для него, с учетом отраслевой и производственной специфики, способ оценки или их сочетание.

По результатам общей экономической оценки НДТ могут быть ранжированы, как:

экономически эффективные, когда техника сокращает расходы, дает экономию денежных средств и/или незначительно влияет на себестоимость продукции;

экономически эффективные при определенных условиях, когда техника приводит к увеличению затрат, но дополнительные расходы считаются приемлемыми для экономических условий предприятия и находятся в разумной пропорции к полученным экологическим выгодам;

экономически неэффективные, когда техника приводит к увеличению затрат, а дополнительные расходы не считаются приемлемыми для экономических условий предприятия или несоразмерны полученным экологическим выгодам.

При выборе между несколькими альтернативными НДТ проводится сравнение соответствующих показателей экономической эффективности для определения наименее затратных.

В целом, переход на принципы НДТ должен быть экономически выгоден предприятию и не должен снижать его экономическую эффективность и ухудшать финансовое состояние в долгосрочной перспективе.

При экономической оценке НДТ должны быть также приняты во внимание вопросы возможности реализации проектов НДТ в целом по отрасли с учетом сохранения текущего уровня эффективности и рентабельности производства в долго-, средне- и краткосрочной перспективе.

НДТ может быть признана экономически приемлемой на отраслевом уровне, если возможность ее реализации с учетом общих финансовых затрат и экологических выгод подтверждается в масштабе, достаточном для широкого внедрения в данной отрасли.

Для НДТ, требующих существенных инвестиционных капитальных вложений, должен быть определен разумный баланс между запросом гражданского общества на реализацию природоохранных мероприятий в целях снижения негативного воздействия на окружающую среду и инвестиционными возможностями оператора объекта. При

этом ответственность за доказательство условий, по которым к процессу внедрения НДТ должен быть применен особый режим, несет оператор объекта.

2.3.2. Способы экономической оценки НДТ

С точки зрения прибыльности и экономичности инвестиции в НДТ оцениваются, как:

прибыльные – в случае получения дополнительных доходов от их реализации или экономии средств;

неприбыльные в доходной части, но допустимые с точки зрения текущего или будущего финансового состояния компании;

неприбыльные и недопустимые по своим финансовым затратам;

достигающие разумной экологической пользы по сравнению с затратами;

имеющие необоснованно высокие затраты по сравнению с достигнутым экологическим эффектом.

2.3.2.1. Соотношение затрат и ключевых показателей предприятия

Для определения целесообразности инвестиций в мероприятия по охране окружающей среды может быть проанализировано соотношение расходов на НДТ и ряда ключевых экономических результатов деятельности предприятия: валовый доход, оборот, операционная прибыль, себестоимость и др. (при доступности данных).

При данной оценке может стать полезной шкала справочных значений, полученных по данным анкетирования европейских предприятий (Голландия), ранжирующих значения на три категории:

приемлемые затраты – если инвестиции относительно малы по сравнению с ключевыми показателями и можно считать их приемлемыми без дальнейшего обсуждения;

обсуждаемые – средние затраты, когда затруднительно или невозможно дать четкую оценку целесообразности инвестиций;

неприемлемые затраты – если инвестиции чрезмерны по отношению к ключевым результатам деятельности предприятия.

Таблица 2.1. Ориентировочные справочные значения осуществимости инвестиций в охрану окружающей среды [22]

| № п/п | Соотношение затрат к ключевым показателям | Приемлемые | Обсуждаемые | Неприемлемые |
|-------|---|------------|-------------|--------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Годовые затраты/оборот | < 0,5 % | 0,5 – 5 % | > 5 % |
| 2 | Годовые затраты/операционная прибыль | < 10 % | 10 – 100 % | > 100 % |
| | | | | |

| | | | | |
|---|---|--------|------------|---------|
| 3 | Годовые затраты/ добавленная стоимость | < 2 % | 2 – 50 % | > 50 % |
| 4 | Годовые затраты/ о б щ и е инвестиционные расходы на НДТ | < 10 % | 10 – 100 % | > 100 % |
| 5 | Годовые затраты/ годовой доход | < 10 % | 10 – 100 % | > 100 % |

Шкала справочных значений позволяет быстро исключить технологии с явно высокими затратами или определить техники, затраты на внедрение которых можно считать осуществимыми без какого-либо дополнительного анализа.

Вместе с тем ввиду большого интервала значений внутри категории "обсуждаемые", значительная часть осуществляемых природоохранных инвестиций может попасть в этот диапазон, что делает их слишком неопределенными для однозначного вывода об обоснованности инвестиций.

В этом случае целесообразность вложений должна оцениваться с учетом дополнительных отраслевых аспектов, таких как период реализации проекта по внедрению НДТ, общий уровень инвестиций в охрану окружающей среды, текущая рыночная и финансовая ситуация и др.

В целом шкала справочных затрат может рассматриваться как оценочный ориентир, применимый в некоторых случаях оценки НДТ, и использоваться для построения предприятием собственной шкалы значений с учетом своего финансово-экономического состояния, которые могут применяться при рассмотрении вопросов внедрения НДТ.

Также при наличии данных о годовом объеме производства и доходах от реализации товарной продукции могут быть определены такие важные показатели экономической эффективности, как затраты предприятия на внедрение НДТ по отношению к единице произведенной продукции, то есть объем денежных средств, которые предприятие расходует на внедрение НДТ при производстве единицы продукции, а также прирост себестоимости на единицу продукции.

2.3.2.2. Прирост себестоимости на единицу продукции

Существенным фактором для определения применимости НДТ являются дополнительные затраты, которые несет предприятие при еЎ внедрении в текущий производственный процесс. Это увеличивает себестоимость продукции и снижает потенциал НДТ с точки зрения еЎ экономической эффективности.

Себестоимость производства единицы продукции определяется как отношение общих годовых денежных затрат на производство продукции к годовому физическому

объему производства. Процентное соотношение общих годовых затрат на внедрение НДТ и производственной себестоимости выражает прирост затрат на производство с учетом дополнительных расходов предприятия на природоохранные мероприятия.

Например, европейское исследование на автозаправочных станциях показывает, что технология улавливания паров привела к увеличению себестоимости бензина на 0,1–0,2 евроцента за литр. По сравнению с операционной маржой в 12,0 евроцентов за литр представляется, что увеличение себестоимости приемлемо с точки зрения эффективности.

2.3.2.3. Соотношение затрат и экологического результата

Для настоящего справочника по НДТ основным способом экономической оценки НДТ определен анализ расходования денежных средств предприятия на внедрение НДТ и достигаемый экологический результат от еѸ внедрения в виде снижения/предотвращения эмиссии загрязняющих веществ и/или сокращения отходов. Соотношение данных величин определяет эффективность вложенных средств на единицу массы/объема сокращаемого загрязняющего вещества и/или отходов в годовом исчислении.

| | |
|------------------------|----------------------------|
| Эффективность затрат = | Общие годовые затраты |
| | Годовое сокращение эмиссии |

Под годовыми затратами понимается сумма капитальных (инвестиционных) затрат (расходов) в годовом исчислении (пересчет в годовом исчислении производится с коэффициентом годового пересчета, как функции срока службы оборудования и ставки дисконтирования) и операционных (эксплуатационных) расходов, распределенных по всему сроку службы рассматриваемой техники.

При расчете годовых затрат применяется формула:

$$\text{Годовые затраты} = I_0 \left[\frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \right] + OC$$

где:

I_0 - общие инвестиционные расходы в год приобретения,

OC - годовые чистые операционные расходы,

r - ставка дисконтирования,

n - ожидаемый срок службы.

Годовые затраты отражают объем инвестиций на проект внедрения НДТ с учетом временной стоимости капитала и сроком службы соответствующего оборудования.

Для правильного определения годовых затрат на НДТ должна быть применена согласованная ставка дисконтирования с учетом срока службы средозащитного

оборудования, а также обеспечена достаточная детализация инвестиционных капитальных вложений и распределение по элементам эксплуатационных затрат.

Результат соотношения годовых затрат к достигнутому экологическому результату выражает объем денежных средств оператора НДТ в годовом исчислении, который расходуется на уменьшение эмиссии загрязняющего вещества на одну единицу массы/объема.

Сравнение полученных показателей соотношения затрат к достигнутому экологическому результату по различным техникам-кандидатам позволяет сделать вывод насколько экономически эффективна с точки зрения денежных затрат предприятия на НДТ та или иная техника-кандидат и, соответственно, принять решение об её использовании или отказа от данной НДТ.

Как правило, перед внедрением НДТ планово-экономические/финансовые службы предприятия проводят технико-экономическое обоснование её осуществимости. При этом применение НДТ может быть связано с большими затратами и не всегда приносит экономический эффект.

В качестве ориентировочных может быть приведен приемлемый уровень эффективности затрат мероприятий по сокращению выбросов на практике предприятий Нидерландов [23].

Таблица 2.2. Ориентировочные справочные затраты на внедрение технологии из расчета на единицу массы загрязняющего вещества

| № п/п | Загрязняющее вещество | Евро на 1 кг снижения выбросов загрязняющих веществ |
|-------|-----------------------|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | ЛОС | 5 |
| 2 | Пыль | 2,5 |
| 3 | NO _x | 5 |
| 4 | SO ₂ | 2,5 |

2.3.3. Платежи и штрафы за негативное воздействие на окружающую среду

При экономической оценке НДТ может оказаться полезным расчет платежей, подлежащих к выплате за негативное воздействие на окружающую среду в соответствии с налоговым законодательством Республики Казахстан и экологическими штрафами, установленными Административным кодексом.

В настоящее время на государственном уровне принимаются меры по стимулированию внедрения НДТ, в частности для предприятий, внедряющих НДТ, устанавливается нулевой коэффициент к ставкам платежей в бюджет, уплачиваемых за негативное воздействие на окружающую среду, и достигаемая экономия средств может стать решающим фактором для принятия решения о внедрении НДТ. Кроме того с 2025 года в целях активной реализации мер по защите окружающей среды и применения

НДТ к действующим ставкам платы за негативное воздействие на окружающую среду предприятиями I категории будет применяться повышающий коэффициент 2 (двукратное увеличение платежей), с 2028 г. – коэффициент 4 и с 2031 г. – коэффициент 8 [24].

Кроме ставок платежей, установленных налоговым законодательством на республиканском уровне, местные представительные органы (маслихаты) также имеют право повышать установленные ставки платы (за исключением выбросов загрязняющих веществ от сжигания попутного и/или природного газа в факелах), но не более, чем в 2 раза.

Порядок и ставки платы за негативное воздействие на окружающую среду на основании соответствующего экологического разрешения регулируются налоговым законодательством Республики Казахстан [25].

Осуществление эмиссий без экологического разрешения на действующий объект, оказывающий негативное воздействие на окружающую среду, влечет штраф в размере десяти тысяч процентов от соответствующей ставки платы за негативное воздействие на окружающую среду в отношении превышенного количества загрязняющих веществ [26].

2.3.4. Расчет на установке

Процесс внедрения технологий по снижению содержания загрязняющих веществ, особенно на крупных промышленных предприятиях, часто является составной частью общего процесса модернизации или проведения комплексных мероприятий по повышению эффективности производства.

Для исключения влияния других инвестиционных и операционных расходов, которые оператор объекта несет в ходе своей обычной производственной деятельности или реализации других инвестиционных проектов, сведения о затратах на первичные и вторичные мероприятия по сокращению негативного воздействия на окружающую среду должны представлять только ту часть затрат, которую предприятие расходует на НДТ.

В таких условиях для исключения влияния инвестиционных и операционных расходов, которые оператор объекта осуществляет в ходе реализации таких мероприятий, объективными данными, используемыми для определения НДТ, являются данные о расходах на природоохранное мероприятие на установке, то есть направленные исключительно на сокращение и/или предотвращение эмиссии загрязняющих веществ в окружающую среду на данном технологическом этапе или средозащитной установке.

В расчетах на установке в общую сумму затрат включается:

стоимость основной технологии/установки/оборудования и других необходимых компонентов, являющихся неотъемлемой частью НДТ;

стоимость дополнительных и вспомогательных пред/после очистных технологий/установок/оборудования и сооружений;

стоимость необходимых расходных материалов, сырья и реагентов, без которых применение НДТ невозможно технологически.

Расчет на установке исключает фактор неопределенности при классификации общих расходов оператора объекта по статьям затрат, а также позволяет сравнить затраты предприятия на альтернативные НДТ по сопоставимым показателям. Такой же принцип используется при расчете выгод НДТ.

Конкретные примеры расчетов по экономической оценке НДТ для каждой отрасли просчитываются в рамках технико-экономического обоснования (ТЭО).

3. Применяемые процессы: технологические, технические решения, используемые в настоящее время

Настоящий раздел справочника по НДТ содержит описание основных технологических процессов, в числе которых добыча бокситов, производство глинозема и первичного алюминия.

3.1. Процессы производства алюминия

Производство алюминия делится на три основных этапа: добыча бокситов – алюминий содержащей руды, их переработка в глинозем – оксид алюминия, и получение чистого металла с использованием процесса электролиза – распада оксида алюминия на составные части под воздействием электрического тока.

Из 4–5 тонн бокситов получается 2 тонны глинозема, из которого производят 1 тонну алюминия. В мире существуют несколько видов алюминиевых руд, но основным сырьем для производства этого металла являются именно бокситы. Это горная порода, состоящая в основном из оксида алюминия с примесью других минералов.

Боксит считается качественным, если он содержит более 50 % оксида алюминия.

Добыча бокситов. Производство алюминия начинается с добычи бокситов. Это горная порода богата алюминием, который содержится в ней в форме гидроксидов.

Производство глинозема. Боксит дробят, высушивают и размалывают в мельницах вместе с определенным количеством обратным щелочным раствором.

Электролиз алюминия. На электролизном заводе глинозем засыпают в ванны с расплавленным криолитом при температуре 950 °С. Через раствор пропускают электрический ток силой до 400 кА и выше – он разрывает связь между атомами алюминия и кислорода, в результате металл в жидкой форме собирается на дне ванны.

Первичный алюминий. Первичный алюминий отливается в слитки (алюминиевые чушки) и отправляется потребителям, а также используется для дальнейшего производства алюминиевых сплавов для различных целей.

Алюминиевые сплавы. Литейные алюминиевые сплавы служат для получение готовых изделий путем отливки металла в формы. При этом необходимых свойств от сплава добиваются добавлением к нему различных добавок: кремния, меди и магния. Из таких сплавов производят, например, детали автомобильных и авиационных двигателей или колесные диски.

Переработка алюминия. В отличие от железа алюминий не подвержен коррозии, поэтому изделия из него можно переплавлять и использовать металл бесконечное количество раз. При этом переработка алюминия требует всего 5 % впервые затраченной на изготовление алюминия энергии.

3.1.1. Технологический процесс добычи бокситов

В обобщенном виде технологической схемы добычи бокситов можно выделить следующие технологические процессы и этапы производства, проводимые на месторождениях, входящих в состав рудоуправления (таблица 3.1).

Таблица 3.1. Технологические процессы и этапы добычи бокситов

| № п/п | Наименование технологического этапа | Краткое описание проводимых работ и результата технологического этапа |
|-------|-------------------------------------|---|
| 1 | 2 | <p>3</p> <p>В процессе подготовки РГМ к выемке осуществляется осушение обводненных частей карьерного поля, вывод поверхностных водных источников за пределы горного отвода, удаление лесного и кустарникового покрова, обеспечение транспортными коммуникациями (их трассировка с планировкой поверхности), вскрытие со снятием или использованием ПСП с территорий, подлежащих нарушению, ее осушение и рыхление (взрывание).</p> <p>По характеру и времени выполнения работы по подготовке к выемке РГМ подразделяются на горно-капитальные и эксплуатационные.</p> <p>1. Горно-капитальные работы.</p> <p>1.1. Разметка вскрываемого рудного тела. В пределах карьерного поля осуществляется разметка (вынос на натуру) подлежащих вскрытию частей карьерного поля, включая вскрываемое рудное тело, места</p> |

1

Подготовка к выемке РГМ

размещения отвалов, промышленных площадок, транспортных коммуникаций.

1.2. Снятие ПСП. ПСП срезают со всей площади, отведенной для вскрытия РГМ, а также размещения отвалов (плодородного почвенного грунта, пустой породы, огнеупорных глин), промышленных площадок, транспортных коммуникаций и производственных зданий, и сооружений.

1.3. Горно-капитальные вскрышные работы. Ведутся для создания первоначального фронта добычных работ при строительстве карьера и в период его эксплуатации для сохранения и развития этого фронта.

2. Эксплуатационные вскрышные работы. Ведутся для создания фронта добычных работ, обеспечивающих соблюдение норматива вскрытых и подготовленных запасов карьера в период его эксплуатации для сохранения и развития этого фронта.

2.1. Зачистка РГМ производится для обеспечения качества добываемого боксита.

2.2. Осушение РГМ проводится с целью обеспечения требуемого качества добываемых бокситовых руд, создания экономических эффективных и безопасных условий ведения горных работ, а также для обеспечения охраны недр и водных ресурсов.

2.3. Рыхление РГМ. При невозможности начать добычу сразу после зачистки и осушения РГМ экскаватором появляется необходимость каменистую РГМ подвергнуть предварительному рыхлению механическим способом с использованием бульдозера или массового взрыва в зависимости от крепости РГМ

Транспортировка породы производится автомобильным транспортом. Зоны выгрузки руды

| | | |
|---|---------------------------|--|
| 2 | Добыча РГМ | <p>на складе боксита определяются начальником участка и старшим геологом, которые руководствуются качественными показателями руды. В процессе добычи геологическая служба производит визуальный контроль за ходом добычных работ, изучает характер контакта бокситов с вмещающими породами, следит за поведением почвы рудного тела, наличием нерудных прослоев, при необходимости отбирает забойные пробы и производит зарисовки рудных забоев</p> |
| 3 | Усреднение дробленой РГМ | <p>Целью усреднения дробленной РГМ (шихтоподготовка) является формирование штабелей руды с заданным содержанием основных компонентов (Al_2O_3, SiO_2, Fe_2O_3, CO_2, S, Мкр) и влажности. На основании данных химического анализа дробленной РГМ составляется расчет формирования штабеля готовой руды. В расчете определяется необходимое количество дробленной руды из разных конусов для формирования штабеля заданного качества. После окончания формирования расчетного штабеля производится его перемешивание путем переэкскавации (не менее трех раз)</p> |
| 4 | Дробление РГМ | <p>Дробление РГМ осуществляется на спланированную и очищенную площадку. При отрицательных температурах производится "перемораживание" влажной РГМ путем дополнительной переэкскавации еҮ до приведения к сыпучему состоянию во избежание смерзания</p> |
| 5 | Размещение РГМ на складах | <p>РГМ завозится автотранспортом на перегрузочный и усреднительный склады или железнодорожным транспортом с перегрузочного на усреднительный склад. Выгрузка РГМ из думпкаров производится в месте (прямке), определенном паспортом склада. РГМ из</p> |

| | | |
|---|--------------------------|---|
| | | <p>приямка с помощью экскаватора направляется на дальнейшее дробление. РГМ разного качества складировается отдельно.</p> |
| 6 | Отгрузка боксита | <p>По прибытию порожних полувагонов производится их осмотр на чистоту, при необходимости производится их чистка и обработка от смерзаемости. После обработки полувагонов выдается разрешение на погрузку. По окончании погрузки производится взвешивание и дозировка. После производится выводка груженных полувагонов на станцию примыкания, где производится их прием в коммерческом и техническом плане сотрудниками АО "КТЖ – Грузовые перевозки"</p> |
| 7 | Вспомогательные процессы | <p>Выбросы от существующих источников выбросов (участок дробления, склады огнеупорных глин, тепловоз ТЭМ, пункт обработки вагонов, склад извести, РММ, автоколонна 3, сварочные работы в карьере, участок ОТКиХА), не затрагивающих проведение работ в карьерах</p> |

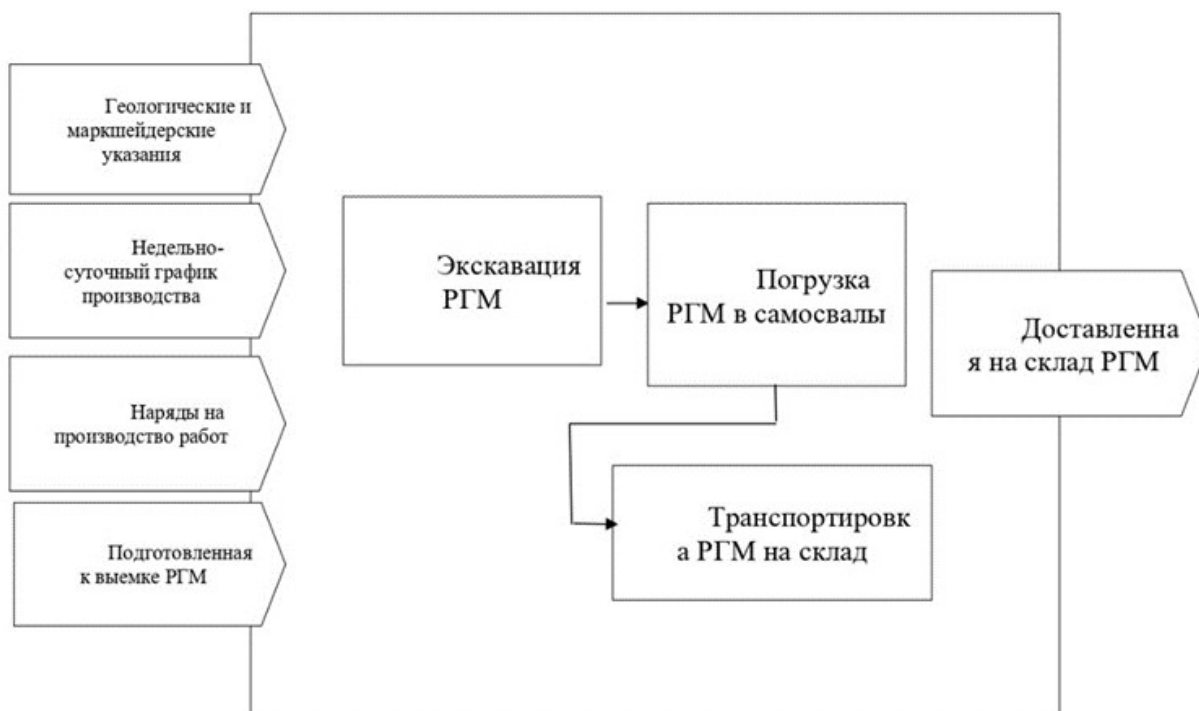


Рисунок 3.1. Технологические процессы и этапы добычи бокситов

3.1.2. Технологический процесс производства глинозема

Таблица 3.2. Технологические процессы и этапы производства глинозема

| № п/п | Наименование технологического этапа | Краткое описание проводимых работ и результата технологического этапа |
|-------|---|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Прием сырья и передача в процесс | На данном этапе осуществляется прием, дробление, усреднение поступающего на завод сырья (бокситов, известняка, угля) с последующей выдачей на шихтовальный передел и в расходные склады ЦПС; усреднение сырья, его временное хранение и подача в технологический процесс в основные цеха |
| 2 | "Байеровская" ветвь последовательной схемы получения из боксита товарного глинозема | На данном этапе осуществляется процесс упаривания растворов путем нагрева его паром от собственной ТЭЦ. Полученный концентрированный раствор (оборотный) направляется в голову процесса ГМЦ, где происходит обеспечение прокалки гидрата с получением конечного продукта – глинозема |
| 3 | Переработка красного шлама ветви Байера с получением алюминатного раствора | На данном этапе осуществляется доизвлечение глинозема (Al_2O_3) из красного шлама и компенсации потерь щелочи (Na_2O) в Байеровской ветви. ЦС производит высокотемпературную переработку шихты в печах спекания с целью протекания химических реакций и извлечения полезных компонентов, дробление спека печей спекания и передачу на участок гидрохимии |
| | | Выполнение ремонтных работ основного оборудования, подвижного железнодорожного состава, обслуживание и ремонт автотранспортной и дорожно-строительной техники, выполнение химических анализов проб, проведение лабораторных исследовательских работ, |

| | | |
|---|-------------------------------|---|
| 4 | Вспомогательные подразделения | опытно-технологических испытаний и технологических обследований, а также охлаждение оборотной воды. Имеются склады с материалами. Выполнение маневровых работ с железнодорожными вагонами и цистернами осуществляются маневровыми тепловозами железнодорожного цеха |
|---|-------------------------------|---|

3.1.3. Технологический процесс производства первичного алюминия

Таблица 3.3. Технологические процессы и этапы производства первичного алюминия

| № п/п | Наименование технологического этапа | Краткое описание проводимых работ и результата технологического этапа |
|---|--|--|
| 1 | 2 | 3 |
| Технологический процесс: АУП | | |
| 1 | Организационные процессы | Системы менеджмента предприятия (в т. ч. экологического) |
| Технологический процесс: производство алюминия первичного | | |
| 2 | Электролизное производство алюминия | Алюминий производится в процессе электролиза криолитоглиноземных расплавов с предварительно обожженными анодами с последующим откачиванием в ковши, выливкой в миксер и розливом в изложницы |
| Технологический процесс: производство обожженных анодов | | |
| 3 | Основной цех по производству обожженных анодов | Формирование зеленых анодов с последующим обжигом анодов |
| Технологический процесс: прочие процессы | | |
| 4 | Вспомогательные процессы | Хранение топлива, сырья и материалов, ремонтные работы, транспортировка, выливка чушек (устройство разлива непрерывной литейной машины производительностью 16–22 т/час) |

3.2. Добыча бокситов

3.2.1. Открытая добыча бокситовой руды

Преимуществами открытого способа добычи перед подземным являются возможность обеспечения высокого уровня комплексной механизации и автоматизации горных работ, что обеспечивает высокую производительность труда и меньшие затраты на добычу полезного ископаемого; более безопасные и комфортные условия труда;

более полное извлечение полезного ископаемого; меньшие удельные капитальные затраты на строительство горного предприятия.

К основным недостаткам открытого способа отработки запасов месторождения можно отнести необходимость выемки из карьера (или перемещения в его контуре) значительных объемов вскрышных пород (объем удаляемых вскрышных пород обычно значительно превышает объем добываемого полезного ископаемого); необходимость соблюдения определенной последовательности отработки слоев (выемка нижележащего слоя горных пород можно начинать только с некоторым отставанием во времени от начала выемки вышележащего слоя); необходимость временного отчуждения значительных площадей земли, существенное изменение ландшафта; существенное изменение гидрологической ситуации в районе ведения добычных работ. Кроме того, в карьерах значительной глубины создаются трудности в удалении газов и пыли после взрывных работ, что ухудшает санитарно-гигиенические условия труда горнорабочих и загрязняет окружающую среду.

Основными процессами открытых горных работ являются (рис. 3.2.): снятие ПСП, производство вскрышных работ, буровзрывные работы, добыча руды, транспортировка, первичное дробление, складирование отвальных пород.

При открытой добыче руд основными источниками воздействия на атмосферный воздух являются выбросы пыли при проведении работ по снятию и хранению ПСП, производстве вскрышных, добычных работ, выбросы пыли и газообразных веществ при буровзрывных работах и работе горнотранспортного оборудования, а также выбросы пыли при первичном дроблении и складировании отвальных пород.

Все источники выбросов загрязняющих веществ являются неорганизованными. Основными загрязняющими веществами являются пыль неорганическая, содержащая 70–20 % двуоксида кремния, азота диоксид, азота оксид, углерод (сажа), керосин, сера диоксид, углерод оксид.

В процессе разработки карьера открытым способом в случае вскрытия водоносного горизонта образуются карьерные сточные воды, а также дождевые (ливневые) и талые сточные воды. Вода расходуется на производственные нужды либо направляются в пруды-испарители.

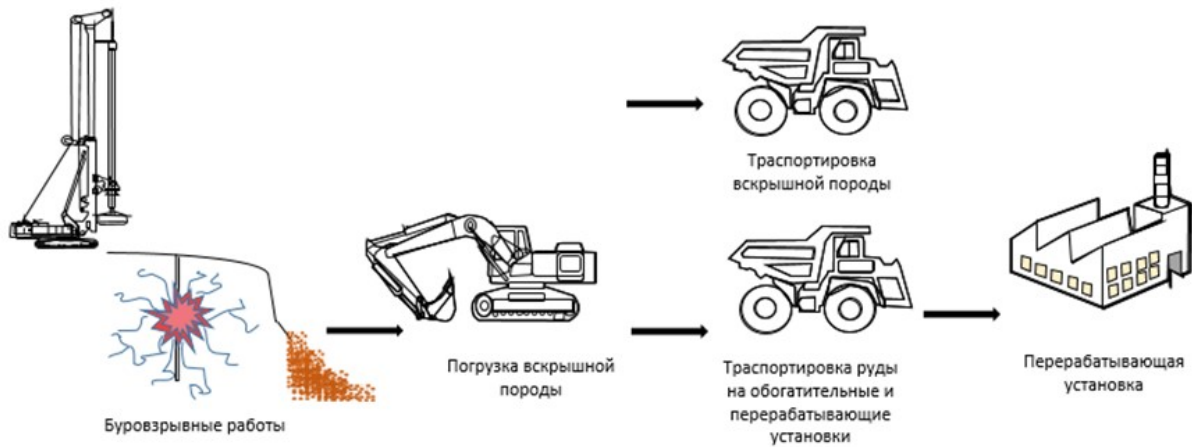


Рисунок 3.2. Разработка карьера открытым способом

При открытой добыче бокситовой руды на предприятиях могут использоваться следующие энергетические ресурсы:

- моторное топливо (дизельное топливо);
- электрическая энергия.

В виду того, что на предприятиях в большей степени не налажен отдельный учет потребляемых энергетических ресурсов по технологическим переделам были рассмотрены укрупненные показатели потребления ТЭР и удельных расходов на производимую продукцию.

3.2.1.1. Снятие ПСП и его складирование

В соответствии с основными положениями по восстановлению земель предприятия, разрабатывающие месторождения полезных ископаемых открытым способом, а также проводящие другие работы, вызывающие нарушение почвенного покрова (механическое повреждение, загрязнение, затопление), обязаны снимать и транспортировать к месту укладки (или временного хранения) ПСП и наносить его на восстанавливаемые земли или малопродуктивные угодья.

Горнотехническая рекультивация земель, нарушенных горными работами, начинается со снятия ПСП на всех площадях, отведенных под производственные объекты предприятия. Снятие ПСП с использованием бульдозеров различных моделей является наиболее распространенным. Плодородный слой снимается последовательными заходками, и создается временный почвенный штабель. Погрузка почвы производится экскаваторами или погрузчиками в транспортные средства. Бульдозер работает по следующей схеме: машина срезает и перемещает слой почвы в штабель на расстояние, не превышающее оптимальное расстояние транспортирования, исходя из конструктивных особенностей оборудования, а затем возвращается в исходное положение, и цикл повторяется.

При наличии автотранспорта его целесообразно использовать для перевозки плодородного грунта. В этом случае снятый бульдозером плодородный слой

собирается в штабель с последующей погрузкой в транспорт погрузчиком. Съём ПСП и погрузка его в автотранспорт осуществляется погрузчиками на гусеничном или пневмоколесном ходу. Погрузчики обладают большой маневренностью, высокой производительностью и применяются на выемочно-погрузочных работах в карьере. По техническим параметрам погрузчик может снимать ПСП и укладывать их в штабель с последующей погрузкой в транспорт. При использовании погрузчиков площадь, отведенная для съема почвы, разрабатывается отдельными участками. Обычно длина участка не превышает 100 м. Складирование ПСП осуществляется во временные отвалы.

Таблица 3.4. Типы применяемого оборудования на карьерах по добыче бокситовой руды

| № п/п | Наименование предприятия/структурного подразделения | Оборудование вспомогательных процессов (снятие плодородного слоя, зачистка забоев, подготовка дорог, отвалообразование) |
|-------|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | А1 | Бульдозеры Komatsu D-275, CAT D10T, Liebherr PR764, автогрейдеры Komatsu GD705A-4, полив автодорог и забоев БелАЗ |

Снятие и складирование ПСП осуществляется в соответствии с требованиями действующего законодательства. Временные отвалы ПСП размещаются в основном поперек склонов, что препятствует выносу ливневыми потоками за пределы участка, смыву и размыву участка складирования. В случае длительного хранения производится засев поверхности отвала семенами многолетних трав.

3.2.1.2. Вскрышные работы

Вскрышные работы – горные работы по удалению покрывающих руду пустых (вскрышных) пород, включают процессы подготовки пород к выемке, выемочно-погрузочные работы, транспортировку и отвалообразование. Вскрышные работы ведутся для создания первоначального фронта добычных работ при строительстве карьеров и в период эксплуатации для сохранения и развития этого фронта. Вскрышные породы, не содержащие полезных компонентов, удаляются во внешние или внутренние отвалы. В случае, если вскрышные породы пригодны в строительной сфере (песок, глина, известняк и так далее), то они могут направляться на дальнейшую переработку в виде дробления и сортировки или реализовываться сторонним потребителям [27].

Вскрышные работы подразделяются на горно-капитальные и текущие.

Горно-капитальные вскрышные работы в основном выполняются на карьере до его ввода в эксплуатацию на пусковую мощность и к ним относятся работы, связанные с удалением вскрышных пород, а также возведение первоначальных отвальных насыпей. После ввода в эксплуатацию к горно-капитальным вскрышным работам также будут относиться работы по проходке капитальных траншей и полутраншей, тоннелей, рудоспусков и т. д. При реконструкции и расширении карьера к горно-капитальным вскрышным работам относятся проходка постоянных вскрывающих выработок и удаление пустых пород в объеме, определенном технико-экономическими расчетами.

Текущие вскрышные работы производятся на предприятии в период его эксплуатации. Это работы по зачистке вскрытых запасов полезных ископаемых, проведению очередных участков разрезных траншей на вскрытых уступах (для увеличения длины фронта работ), удалению покрывающих и вмещающих пустых пород в отвалы [28].

Таблица 3.5. Общие сведения о типах применяемого оборудования на карьерах по добыче бокситовой руды

| № п/п | Наименование предприятия/структурного подразделения | Типы выемочных машин на вскрышных и добычных работах | Технические характеристики, определяющие степень воздействия на окружающую среду |
|-------|---|--|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | А1 | Экскаваторы ЭШ-6.5/45, ЭШ-14/50, ЭШ-10/70, Hitachi EX1900 и EX2500 | Массогабаритные размеры Давление на грунт Тип, объем и мощность двигателя внутреннего сгорания Тип используемого топлива Расход топлива |

Из таблицы видно, что в качестве выемочных машин для разработки месторождений используются экскаваторы типа ЭКГ, ЭШ и гидравлические экскаваторы различных производителей.

3.2.1.3. Буровзрывные работы

Буровзрывные работы представляют собой комплекс работ, связанных с подготовкой скального массива пород к экскавации. Ввиду крепости скальных пород их экскавация без предварительного буровзрывного или механического рыхления не может быть произведена: современным канатным, реечным или гидравлическим экскаваторам не хватает усилия на ковше для разрушения скального массива пород.

Поэтому для подготовки к экскавации плотных, рыхлых, смерзшихся или скальных горных пород к выемке применяются предварительное рыхление, механические (фрезы, рыхлители) или буровзрывные способы [29].

Ввиду большой производительности и конструктивных параметров, таких как высота забоя до 15 м карьеров по добыче руды, механическая подготовка массива нецелесообразна и малоэффективна, а порой и технически невозможна. Развитие буровзрывных работ в карьерах происходило в зависимости от совершенствования средств взрывания и методов бурения скважин для закладки взрывчатых веществ. Расчет параметров взрывного рыхления базируется на пропорциональной зависимости разрушенного объема определенной горной породы от массы заряда взрывчатого вещества. Свойства массива в этом расчете учитываются через удельный расход взрывчатого вещества, величина которого устанавливается расчетными методами или эмпирически. В настоящее время на всех карьерах используется буровзрывной способ рыхления массива, основанный на методе скважинных зарядов. Взрывчатое вещество закладывается непосредственно в скважины, пробуренные буровыми станками в массиве пород.

Горнорудные предприятия определяют для себя оптимальный диаметр бурения, исходя из опыта проведения буровзрывных работ и научно-исследовательских работ. Зачастую на предприятиях имеются станки с разным диаметром бурения, применяемые в тех или иных условиях и для бурения определенного типа горных пород.

Обуривание скальной вскрышной породы и руды с учетом физико-механических свойств пород месторождения производится преимущественно станками шарошечного бурения (СБШ) с диаметром бурения 250 мм, которые получили наибольшее распространение на открытых горных работах при добыче руд. Также применяются дизельные буровые станки производства AtlasCopco, Sandvik.



б



а - СБШ-250МНА32, б - DM75

Рисунок 3.3. Буровые станки, используемые на карьерах

Эффективность буровзрывных работ в значительной мере зависит от правильного выбора взрывчатых веществ для конкретных горно-геологических условий взрывания. Выбор типа взрывчатого вещества должен производиться с учетом ряда производственных, геологических, гидрогеологических, технических и экономических факторов. Физико-механические свойства горных пород, их минералогический состав и строение определяют крепость и взрываемость горных пород. Чем выше плотность породы, её твердость и вязкость, тем больше требуется энергии на её разрушение и перемещение. В условиях конкретного применения взрывчатые вещества выбирают с учетом этих соображений, а также практического опыта горного предприятия и технологичности самих веществ в соответствии с принятой схемой механизации взрывных работ.

Таблица 3.6. Общие сведения о типах применяемого оборудования на карьерах по добыче бокситовой руды

| № п/п | Наименование предприятия/структурного подразделения | Буровзрывные работы | Технические характеристики, определяющие степень воздействия на окружающую среду |
|-------|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | A1 | Буровые станки СБШ-250МНА-32, Atlas Copco Flexi Roc D65 | <p>Массогабаритные размеры</p> <p>Давление на грунт</p> <p>Тип, объем и мощность двигателя внутреннего сгорания</p> <p>Тип используемого топлива</p> <p>Расход топлива</p> <p>Ресурс до капитального ремонта</p> <p>Показатели по шуму, вибрации</p> <p>Система пылеподавления</p> <p>Механизм хода (гусеничный или колесный)</p> <p>Наличие системы пылеподавления</p> <p>Гидравлическая система</p> <p>Ресурс до капитального ремонта</p> |

Взрывные работы на карьерах осуществляются на основании типового проекта буровзрывных работ. Сущность метода скважинных рядов заключается в размещении

взрывчатого вещества в наклонных или вертикальных скважинах с забойкой (заполнением) верхней части инертными материалами из песка, буровой мелочи или забоечного материала специального состава. Скважины располагаются в один или несколько рядов параллельно верхней бровке уступа и размещаются друг от друга на расчетном расстоянии по прямоугольной сетке или в шахматном порядке.

В качестве взрывчатых веществ для взрывания скважин в основном применяются сыпучие гранулированные (гранулиты) и эмульсионные вещества (интериты). Взрывание производится методом многорядных зарядов при помощи детонирующего шнура или систем инициирования неэлектрического взрывания (СИНВ) с дублированием сети и применением короткозамедленного способа взрывания. Массовые взрывы на карьерах производят в дневное время суток, чаще всего один раз в неделю. Всего в течение года на карьере осуществляется множество массовых взрывов, частота взрывов меняется в зависимости от производительности карьера и организации работ, подготовки площадок под бурение и блоков под взрывание.

3.2.2. Текущие уровни эмиссий в окружающую среду

Снятие, транспортировка и складирование ПСП выполняются в период естественного увлажнения почвы, что исключает пыление.

В результате проведения КТА были получены данные по выбросам пыли, которые приведены в таблице ниже.

Таблица 3.7. Выбросы пыли в атмосферный воздух (по данным КТА) при снятии ПСП

| № п/п | Наименование объекта | Валовые выбросы загрязняющих веществ, т | |
|-------|----------------------|---|---------|
| | | макс | мин |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | A1 | 1,574 | 1,36355 |

Из таблицы 3.7 следует, что валовые показатели выбросов загрязняющих веществ при снятии ПСП в процессе открытой добычи варьируются от 1,36355 до 1,574 тонн, не превышая максимальные показатели. Данное расхождение в валовых показателях выбросов на различных рудниках связано с особенностями рассматриваемых предприятий, а также с используемым оборудованием и техникой в процессе снятия и складирования ПСП.

В процессе вскрышных работ выделяется пыль. В сухое время года применяется орошение экскаваторного забоя. В таблице 3.8 представлены объемы выбросов пыли при проведении вскрышных и добычных работ.

Таблица 3.8. Объемы выбросов пыли при проведении вскрышных работ

| № п/п | Наименование объекта | Валовые выбросы загрязняющих веществ, т | |
|-------|----------------------|---|-----|
| | | макс | мин |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| | | | |

| | | | |
|---|----|----------|----------|
| 1 | A1 | 366,3547 | 312,4744 |
|---|----|----------|----------|

Показатели валовых выбросов загрязняющих веществ находятся в пределах от 312,4744 до 366,3547 тонн, на интенсивность пылевыведения оказывают влияние используемые экскаваторы, площади их ковша, продолжительность работы спецтехники, использование орошения экскаваторного забоя в сухое время года.

Основными эмиссиями при буровзрывных работах являются выбросы газообразных веществ (окислы азота, оксид углерода, диоксид серы) и пыли неорганической SiO₂ менее 20 %. Крупные частицы продуктов бурения оседают у устья скважины, а мелкие (в том числе и пылевые) уносятся на расстояние до 10–14 м. Пылеподавление и очистка забоя скважин от продуктов разрушения и выноса буровой мелочи осуществляются с помощью воздушно-водяной смеси, так как использование воды при пылеподавлении в технологическом процессе буровзрывных работ – самый эффективный и доступный способ снижения загрязнения атмосферного воздуха. Данный метод позволяет снизить объемы пыли неорганической SiO₂ менее 20 % в 5–7 раз [30].

Мощные выбросы пыли происходят при массовых взрывах и достигают 100–250 тонн. Пылевое облако при массовом взрыве выбрасывается на высоту 150–300 м, в своем развитии оно может достигать высоты 16 км и распространяться по направлению ветра на значительные расстояния (10-14 км) [31]. Гидрообеспыливание для сокращения выделения и рассеивания вредных примесей при взрывных работах осуществляется с помощью водяной забойки (гидрозабойки). Гидрозабойка выполняется с использованием полиэтиленовых емкостей, наполненных водой. Применение гидрозабойки позволяет сократить объемы образующейся пыли в пылегазовом облаке на 20–30 %, а объем образующихся окислов азота уменьшается в 1,5–2 раза.

В таблице 3.9 представлены объемы выбросов пыли при проведении буровзрывных работ (по данным КТА).

Таблица 3.9. Объемы выбросов пыли при проведении буровзрывных работ

| № п/п | Наименование объекта | Валовые выбросы загрязняющих веществ, т | |
|-------|----------------------|---|----------|
| | | макс | мин |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | A1 | 28,79359 | 24,50644 |

В ходе проведенного КТА было оценено общее воздействие рудников по добыче бокситовой руды, действующих на территории Республики Казахстан. Валовые выбросы пыли от предприятий колеблются в пределах от 24,50644 до 28,79359 тонн. Данное расхождение зависит от физико-механических свойств горных пород и их

обводненности, методов взрывания, времени проведения взрыва, метеоусловий на момент массового взрыва, количества и химического состава применяемых взрывных веществ.

Интенсивность пыле- и газообразования при ведении буровзрывных работ на карьере зависит от многих факторов, к основным из которых следует отнести физико-механические свойства горных пород и их обводненность, способы бурения взрывных скважин, ассортимент применяемых взрывчатых веществ, типы используемых забоечных материалов, методы взрывания (на подобранный откос уступа или в зажатой среде), время производства массового взрыва, метеоусловия на момент массового взрыва и др.

В таблице 3.10 представлены текущие объемы потребления энергетических ресурсов, применяемых при открытой добыче бокситовой руды. В качестве удельных расходов потребления ресурсов определено потребление ресурсов на тонну добытой руды.

Таблица 3.10. Текущие объемы потребления энергетических ресурсов

| № п/п | Наименование объекта | Потребляемый ресурс | Целевое назначение использования | Годовое потребление, т у.т | Удельное потребление, т у.т./т |
|-------|----------------------|-----------------------|----------------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | A1 | Электрическая энергия | Вскрыша и добыча | 1 432,013 | 0,00258 – 0,00680 |
| 2 | A1 | Моторное топливо | Вскрыша и добыча | 22 390,312 | 0,00403 – 0,01063 |

Из представленной таблицы видно, что удельный расход электрической энергии на добытую руду открытым способом может варьироваться в пределах от 0,00258 до 0,00680 т у.т. на тонну добытой руды. Такое расхождение в удельных расходах связано в первую очередь с особенностями учета и распределения потребления энергетических ресурсов на различных рудниках.

Удельный расход моторных топлив на добытую открытым способом руду варьируется от 0,00403 до 0,01063 т у.т. на тонну добытой руды. Такое расхождение в удельных расходах на различных предприятиях связано с особенностями рассматриваемых предприятий, а также с используемым оборудованием и техникой в процессе вскрыши и добычи (использование для транспортировки и экскавации карьерного автотранспорта и спецтехники, работающей на моторном топливе).

3.3. Производство глинозема

3.3.1. Прием сырья и передача в процесс

Технологические процессы и этапы производства глинозема методом последовательно-параллельного варианта Байер-спекания включают:

- 1) прием сырья и передача в процесс;

2) "Байеровская" ветвь последовательной схемы получения из боксита товарного глинозема;

3) переработка красного шлама ветви Байера с получением алюминатного раствора;

4) вспомогательные подразделения.

В цехе подготовки сырья (прием сырья и передача в процесс) осуществляется прием, дробление, усреднение поступающего на завод сырья (боксита, известняка, угля) с последующей выдачей на шихтовальный передел и в расходные склады подготовки сырья, усреднение сырья, его временное хранение и подача в технологический процесс.

3.3.2. "Байеровская" ветвь последовательной схемы получения из боксита товарного глинозема

В байеровской ветви осуществляется процесс упаривания растворов путем нагрева его паром. Полученный концентрированный раствор (оборотный) направляется в голову процесса гидрохимии, где происходит обеспечение прокалки гидрата с получением конечного продукта – глинозема.

3.3.3. Переработка красного шлама ветви Байера с получением алюминатного раствора

На переделе спекания (переработке красного шлама ветви Байера с получением алюминатного раствора) осуществляется доизвлечение глинозема (Al_2O_3) из красного шлама и компенсации потерь щелочи (Na_2O) в байеровской ветви.

Цех спекания производит высокотемпературную переработку шихты в печах спекания с целью протекания химических реакций и извлечения полезных компонентов, дробление спека печей спекания и передачу на участок гидрохимии.

Вспомогательные подразделения осуществляют выполнение ремонтных работ основного оборудования, подвижного железнодорожного состава, обслуживание и ремонт автотранспортной и дорожно-строительной техники, выполнение химических анализов проб, проведение лабораторных исследовательских работ, опытно-технологических испытаний и технологических обследований, а также охлаждение оборотной воды. Имеются склады с материалами. Выполнение маневровых работ с железнодорожными вагонами и цистернами осуществляется маневровыми тепловозами железнодорожного цеха.

Получение алюминия – достаточно сложный двухстадийный процесс. Сначала из руды извлекается глинозем, затем из него получают конечную продукцию – товарный алюминий или его сплав.

Самым широко используемым способом получения глинозема из бокситов является способ Байера. Способ Байера – это гидрохимический способ получения глинозема из бокситов. Этот метод был открыт в России Карлом Иосифовичем Байером в 1895–1898 гг. Не все виды бокситов можно перерабатывать таким образом, одним из основных условий является низкое содержание кремния и серы. Основным критерием качества бокситов является кремневый модуль – отношение количества кремния к алюминию,

так как молярная масса элементов близка, используют простое отношение, не вводя дополнительных коэффициентов.

Перед применением данной технологии руда сначала подвергается дроблению, данный этап необходим для увеличения площади поверхности, размер частиц зависит от состава бокситов и особенностей процесса.

Первым этапом является мокрый помол – руда после дробления смешивается со щелочным раствором и загружается в шаровую или стержневую мельницу. Зачастую на данном этапе к смеси добавляют известь или известковое молоко. Обязательным параметром размола должно быть определенное отношение жидкой и твердой фазы. Размер частиц после помола выбирается в зависимости от состава бокситов, поэтому этап помола индивидуален для каждого предприятия, например, нередко необходим помол в две стадии с использованием шаров разного диаметра. После мокрого размола пульпа подается на выщелачивание, проходя через классификатор. Для выщелачивания в методе Байера используют автоклавы, объединенные в батареи.

Автоклав – это аппарат для проведения физико-химических реакций при высокой температуре и давлении. В батареи соединены от 8 до 12 аппаратов, в зависимости от состава бокситов. В первых двух автоклавах идет подогрев смеси, остальные являются реакционными. Цель данной операции перевод алюминия из боксита в раствор в виде алюмината натрия. В процессе участвуют два компонента – измельченный боксит и оборотный щелочной раствор. Температура, при которой происходит выщелачивание, зависит от типа бокситов. Основная реакция выщелачивания:



Помимо алюминия в бокситах так же присутствует множество других элементов. Кремнезем растворяется в щелочном растворе и переходит в форму силиката натрия, однако силикат натрия взаимодействует с алюминатом натрия и выпадает в осадок с образованием гидроалюмосиликата натрия.

Таким образом, протекает обескремнивание, этот этап так же объясняет одно из главных требований сырья для переработки способом Байера: низкое содержание кремнезема, так как обескремнивание приводит к потерям глинозема и щелочи, которые пропорциональны количеству кремнезема в боксите. Так же в бокситах присутствуют железо, сера, титан, галлий, фосфор и ванадий.

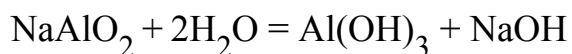
При выщелачивании безводные оксиды железа выпадают в качестве осадка, титан образует малорастворимый метатитан натрия, что так же приводит к потерям щелочи. Сера при низком содержании может быть полностью извлечена в ходе стандартного метода выщелачивания, однако если примеси серы достаточно велики, потребуется дополнительная очистка, поэтому еУ содержание в бокситах при использовании способа Байера почти столь же важный критерий, как и кремневый модуль. Большая часть галлия при выщелачивании остается в растворе. Данные компоненты составляют

красный шлам. После выщелачивания нередко применяется охлаждение до 20–30 °С, провоцируя выпадение ванадиевого шлама, в который входят фосфат, ванадат и фторид натрия, и сода. Данный вид шлама является полезным и может быть использован для извлечения ванадия. Как уже говорилось ранее, еще на этапе мокрого размола добавлялась известь или известковое молоко, которое приводит сразу к целому ряду положительных эффектов. Часть кремнезема образует гидрогранат, который в отличие от алюмосиликата натрия не содержит щелочи, так же к уменьшению потерь щелочи приводит образование титаната кальция, удаление фосфора в виде фосфата кальция проводится на стадии красного шлама. Таким образом добавление извести благотворно влияет на чистоту готового продукта и является дополнительным, не требующим изменения технологической схемы, способом очистки от примесей. Основными выходными параметрами выщелачивания являются степень извлечения глинозема и скорость выщелачивания. На данные два параметра влияют несколько факторов: тонина помола, температура, концентрация щелочи, каустические модули оборотного и алюминатного растворов, регулируя которые можно добиться необходимого результата

После выщелачивания красный шлам отделяется с помощью сгустителей, в которые добавляются флокулянты для ускорения процесса и отправляется на шламохранилище – специально выделенный участок, на котором складировается шлам.

Следующим этапом, на который поступает алюминатный раствор, является декомпозиция.

Декомпозиция – это процесс разложения алюмината натрия на оксид алюминия Al_2O_3 и гидроксид натрия $NaOH$.



Реакция декомпозиции может протекать в обе стороны и для того, чтобы эта реакция протекала в сторону продуктов, необходимо разбавить пульпу и снизить температуру раствора, так же для ускорения процесса используют затравку в виде гидроксида алюминия. Основные параметры схожи с процессом выщелачивания – выход глинозема и скорость декомпозиции.

И соответственно на эти параметры так же влияет целый ряд факторов: каустический модуль, концентрация, количество и качество затравки, наличие примесей, температура.

Процесс протекает в устройствах, называемых декомпозиеры, которые объединены в батареи по 10–11 штук. Как уже говорилось, пульпа при декомпозиции охлаждается и для этого используется множество видов различных охладителей, например, вакуум-охладительные установки или трубчатые теплообменники, выбор того или иного устройства осуществляется исходя из удобства и рациональности использования в данной технологической цепочке.

После выпадения оксида алюминия в осадок его необходимо отделить от маточного раствора. Первой стадией разделения является гидросепаратор, с помощью которого можно отделить крупные частицы, затем слив подается в сгуститель и барабанный фильтр, где и происходит финальная часть разделения. На этом этапе отбирается часть гидроксида для затравки декомпозиции и далее возвращается на предыдущий передел. Продукционная часть проходит фильтрацию и отправляется на следующий этап производственной цепочки. Маточный раствор и промывка от промывки гидроксида алюминия направляются на выпаривание, где удаляется лишняя влага и выпадает, так называемая, рыжая сода Na_2CO_3 , которая затем поступает на каустификацию, где протекает реакция с $\text{Ca}(\text{OH})_2$, в ходе которой образуется щелочь NaOH .

Щелочной раствор после выпаривания подается в голову всей технологической цепочки на мокрый размол. После каустификации от раствора отделяется белый шлам, который так же возвращается в голову цепочки для обжига, слабый щелочной раствор – на выпаривание. Таким образом, цикл получается замкнутым.

Последним этапом, который проходит гидроксид алюминия, является кальцинация. На данном этапе полностью выпаривается вся влага из гидроксида для получения глинозема Al_2O_3 . Процесс, как правило, протекает в трубчатых печах.

Трубчатая печь – это стальная труба длиной от 50 до 150 метров и диаметром от 2,5 до 5 метров, печь вращается и расположена под углом в 3° . Материал, обдуваемый горячим газом при температуре около 1200°C , медленно движется вниз печи.

Способ Байера является экономически выгодным, так как он значительно дешевле и проще в оборудовании и эксплуатации, однако, как уже говорилось, для использования данного метода необходимо соблюдение высоких требований к составу бокситов, поэтому применяются и другие более затратные методы.

Вторым часто используемым способом получения глинозема из бокситов является метод спекания. Главное преимущество данного метода заключается в возможности использовать бокситы с высоким содержанием кремнезема, кремниевый модуль которых может достигать 5.

Основным изменением является внесение в технологическую цепочку процесса спекания шихты.

Первый этап производства – приготовление шихты. Необходимо измельчить ее компоненты до нужных размеров и смешать в определенной пропорции. Для данного метода шихта приготавливается из трех компонентов: боксит, известь и сода, дробление пульпы происходит в обратном растворе.

Для размола применяют многокамерные мельницы, работающие в открытом цикле. После размола пульпа попадает в коррекционный бассейн, откуда берется проба для

анализа, на основе которой пульпу в нужном соотношении перекачивают в сборные бассейны.

Когда все приготовления выполнены и получена "паспортная" шихта, она поступает на передел спекания. Основная задача данного процесса – связать глинозем в растворимый алюминат натрия, а кремнезем – в нерастворимый двухкальциевый силикат, чтобы при последующем переходе в раствор кремнезем выпал в осадок.

Процесс спекания происходит в трубчатой печи, аналогичной по принципу работы печи, применяемой для кальцинации. Как уже говорилось ранее, печь представляет собой длинную трубу, по которой перемешается материал, обдуваемый горячим газом. Такие печи поддерживают различные виды топлива, однако главным условием является низкое содержание серы. В трубчатых печах газ уносит большое количество пульпы, поэтому он проходит через циклон и электрофильтр, уловленная пыль отправляется в рабочую зону печи для предотвращения потерь и поддержания оптимальной температуры. В зависимости от состава используемого сырья выбирается определенный диапазон температур, при поддержании которого реакции проходят оптимально, и получается спек необходимых свойств. Однако этот диапазон зачастую не превышает нескольких десятков градусов и его поддержание достаточно сложная задача, которая значительно облегчается с установкой автоматических систем, но даже при этом невозможно установить датчик непосредственно внутри данной зоны, так как ее температура слишком велика, поэтому приходится использовать косвенные показатели. Перемещение вещества внутри печи обусловлено наклоном печи. Печь можно разделить на несколько участков: зона сушки – испарение внешней жидкости, подогрева – испарение внутренней жидкости, спекания – зона протекания твердофазных реакций, охлаждения – понижение температуры спека до 800–1000 °С. По выходу из печи спек попадает в барабанные холодильники, в которых комбинируется воздушное и водяное охлаждение. Спек остывает до 80–130 °С. После охлаждения он попадает на передел выщелачивания.

Основной целью выщелачивания является переход алюминия в раствор, а примесей в твердую фазу, чтобы была возможна дальнейшая фильтрация. Спек выщелачивается водой с добавлением щелочного раствора. Алюминат натрия хорошо растворим, поэтому переходит в раствор, двухкальцевый силикат 2CaOSiO_2 не растворим и переходит в осадок. Однако часть силиката все же разлагается и взаимодействует с раствором, образуя соединения с алюминием, что приводит к появлению потерь.

Выщелачивание может протекать разными способами: проточным, агитационным и комбинированным в зависимости от тонины помола и минералогического состава, однако такие потери значительно ниже, чем при выщелачивании в способе Байера, поэтому для данных методов можно использовать бокситы с более высоким содержанием кремнезема.

Еще одно отличие технологической цепочки, использующей данный принцип – это применение двухстадийного обескремнивания и карбонизации. Карбонизация – это способ вывести алюминий из раствора в виде гидроксида алюминия с добавлением CO_2 . Удобство использования данной технологии заключается в том, что трубчатая печь работает по принципу противотока, то есть обдувает движущийся материал горячим газом, выделенным при сгорании топлива. Этот газ, пройдя через печь, проходит фильтрацию от частичек пульпы и подается на участок карбонизации, таким образом газ можно использовать вторично. После получения гидроксида алюминия дальнейший процесс идентичен вышеописанному.

Способ спекания экономически выгоден для переработки бокситов с высоким содержанием кремнезема, однако более широкое распространение получил комбинированный метод, который сочетает в себе оба способа. Комбинированный способ можно также разделить на два метода: параллельный и последовательный.

Эти методы позволяют перерабатывать бокситы как с низким содержанием кремния, так и высоким. Параллельный способ подразумевает наличие в технологической схеме двух ветвей: способ Байера и спекания соответственно. В последний поступает боксит с высоким содержанием кремния, затем протекают стандартные процедуры метода спекания до этапа обескремнивания включительно.

В ветви Байера же перерабатываются бокситы с низким содержанием кремнезема, все идет по стандартному методу до этапа декомпозиции, куда и поступает алюминатный раствор с ветви спекания. Таким образом из технологической схемы исключается карбонизация, присущая методу спекания. Однако основным плюсом является экономия за счет использования каустической щелочи, которая образуется при спекании и затем вводится в ветвь Байера вместе с алюминатным раствором. Выделяющаяся при упаривании оборотного раствора сода направляется в ветвь спекания. Таким образом каустификация так же более не участвует в технологической схеме. Так же данный метод позволяет улучшить условия декомпозиции за счет смешения растворов разных концентраций в нужных соотношениях. Мощность ветви спекания высчитывается таким образом, чтобы полностью восполнять потери щелочи. В ветви спекания может использоваться боксит с низким содержанием кремния, в таком случае из состава шихты для спекания исключается известняк, то есть используется двухкомпонентная шихта.

Вторым способом использования комбинированного метода является последовательный. Если основным сырьем при параллельном производстве были бокситы с низким содержанием кремния и только в качестве дополнительного сырья для повышения экономической выгоды использовались другие, то данный способ полностью сосредоточен на переработке бокситов с высоким содержанием кремнезема. Вся технологическая цепочка начинается с метода Байера. Как уже говорилось ранее,

основным недостатком метода Байера является большое осаждение алюминия в красном шламе из-за кремния, поэтому в данном методе алюминий разделяется на две части – одна, находясь в составе раствора, продолжает путь по данной ветви, а вторая, переходя в красный шлам, поступает в таком виде на ветвь спекания. Красный шлам спекается с известняком, затем спек выщелачивается и обескремнивается, после этого он возвращается к алюминатному раствору, полученному методом Байера. Смесь растворов поступает на декомпозицию, при этом маточный раствор возвращается на ветвь Байера. Использование данного метода позволяет скомпенсировать самые главные недостатки обоих способов: способ Байера из-за больших потерь и при высоком содержании кремнезема в руде экономически невыгоден, а для производства спека необходимы значительные топливные ресурсы. Оборудовав последовательный комбинированный метод производства, можно значительно сократить потери, использовав спекание, и при этом сократить расходы на питание печи, применив метода Байера.

3.3.4. Текущие уровни эмиссий в окружающую среду

Производство глинозема осуществляется по последовательно-параллельной схеме Байер-спекания. Следует отметить, что данная схема применяется только на А2 и обусловлена низким качеством бокситов (низкий кремневый модуль, невысокое содержание Al_2O_3), поступающих на переработку. Схема включает в себя классическую технологию переработки бокситов по схеме Байера и последующее спекание шламов с целью доизвлечения из них полезных компонентов.

Схема производства глинозема с указанием эмиссий, образуемых в процессе производства глинозема на А2, представлена на рисунке 3.4.

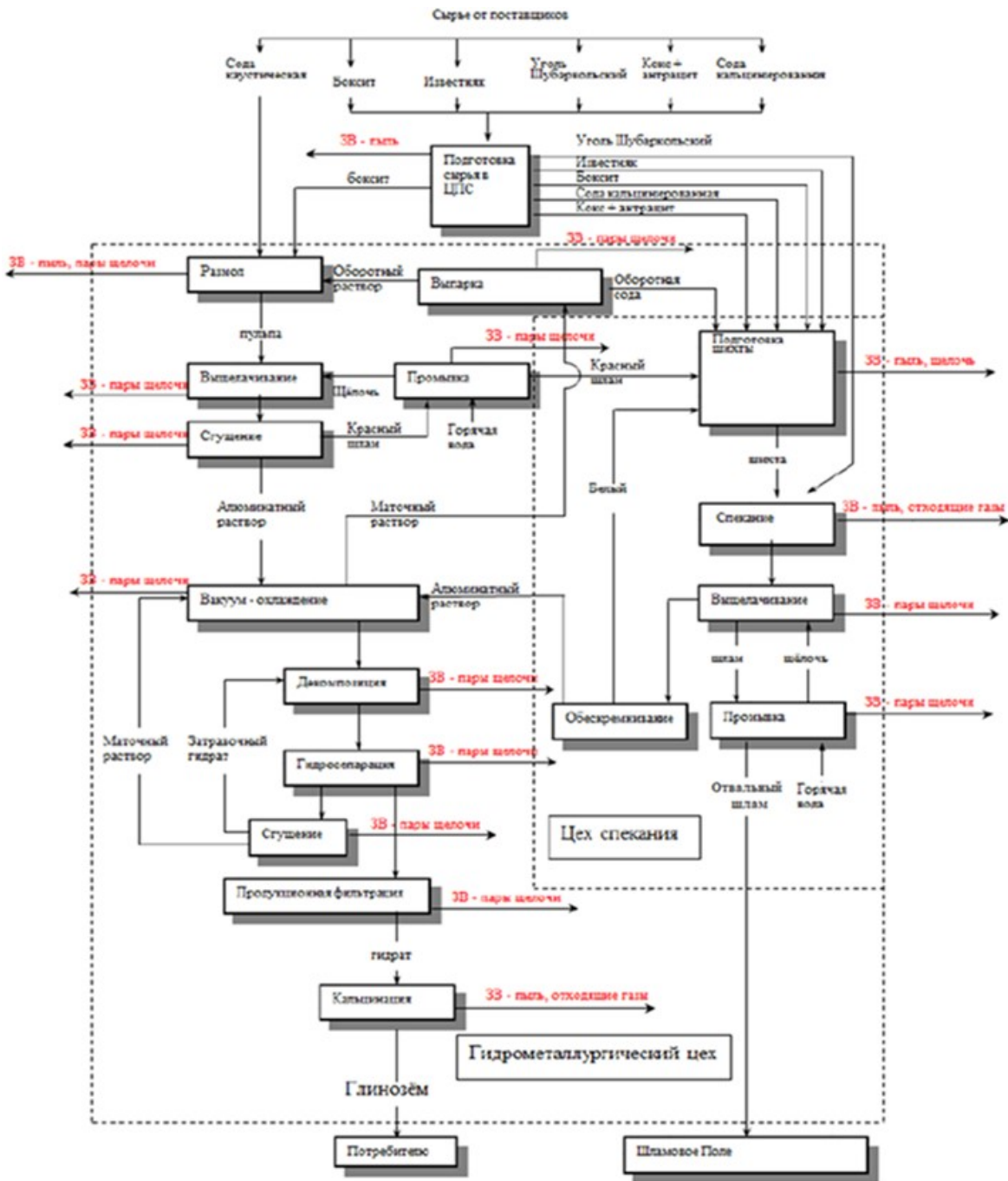


Рисунок 3.4. Схема производства глинозема с указанием эмиссий, образуемых в процессе производства глинозема

Таблица 3.11. Выбросы пыли в атмосферный воздух при производстве глинозема (по данным КТА)

| № п/п | Наименование объекта | Валовые выбросы загрязняющих веществ, т | | Концентрация по КТА, мг/нм ³ | |
|-------|----------------------|---|-------------|---|------|
| | | макс | мин | макс | мин |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | A2 | 60798,12837 | 48705,11001 | 9010 | 22,5 |

В процессе производства глинозема осуществляются пылевые выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, валовые значения которых представлены в таблице 3.11. Данные варьируются от 48705,11001 тонн для минимальных значений до 60798,12837 тонн для максимальных показателей выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Таблица 3.12. Выбросы NOX в атмосферный воздух при производстве глинозема (по данным КТА)

| № п/п | Наименование объекта | Валовые выбросы загрязняющих веществ, т | | Концентрация по КТА, мг/нм ³ | |
|-------|----------------------|---|-----------|---|----------|
| | | макс | мин | макс | мин |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | A2 | 785,61739 | 130,97297 | 4564,947 | 233,7341 |

Таблица 3.13. Выбросы CO в атмосферный воздух при производстве глинозема (по данным КТА)

| № п/п | Наименование объекта | Валовые выбросы загрязняющих веществ, т | | Концентрация по КТА, мг/нм ³ | |
|-------|----------------------|---|--------|---|--------|
| | | макс | мин | макс | мин |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | A2 | 498,838076 | 18,439 | 23868 | 46,379 |

Таблица 3.14. Выбросы SO₂ в атмосферный воздух при производстве глинозема (по данным КТА)

| № п/п | Наименование объекта | Валовые выбросы загрязняющих веществ, т | | Концентрация по КТА, мг/нм ³ | |
|-------|----------------------|---|----------|---|-----|
| | | макс | мин | макс | мин |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | A2 | 1317,7584 | 1013,932 | 3378 | 107 |

Таблица 3.15. Текущие объемы потребления энергетических ресурсов при производстве глинозема

| № п/п | Наименование объекта | Потребляемый ресурс | Целевое назначение использования | Годовое потребление, т у.т | Удельное потребление, т у.т/т |
|-------|----------------------|--|----------------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | A2 | Мазут | Производство глинозема | 225 477,532 | 1,085619 |
| 2 | | Пар | | 720 327,322 | |
| 3 | | Уголь на восстановление (кокс, антрацит) | | 117 617,940 | |
| 4 | | Уголь на печи | | 492 877,970 | |
| 5 | | Электроэнергия | | 81 955,053 | |

3.4. Производство первичного алюминия

3.4.1. Электролизное производство

В цехе электролиза осуществляются производство алюминия-сырца с последующей разливкой его в 20 килограммовые чушки, хранение и погрузка товарного алюминия, прием и хранение глинозема, фильтрация отходящих газов.

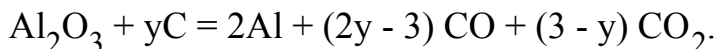
ЦЭА оснащен 288-ю электролизерами на силу тока 320-330 кА с конструкциями известных поставщиков технологии из КНР – GAMI и NEUI, которая является одной из наиболее эффективных и экологически чистых в мире.

С учетом перспективы дальнейшего увеличения тока серии трансформаторы для питания выпрямителей и система энергоснабжения выбираются с возможностью доведения максимального тока серии примерно до 350 кА. В отношении электролизеров и вспомогательного оборудования корпусов электролиза предусмотрены следующие основные особенности: механизированная подача глинозема и растворимых солей с автоматическим управлением процесса (с микропроцессорным управлением); автоматическое регулирование напряжения; механизированное оборудование для манипулирования анодами; вакуумная выливка металла из электролизеров; оснащение электролизеров укрытиями для эффективного улавливания вредных веществ. Процесс получения металлического алюминия из глинозема протекает в алюминиевых ваннах при температуре 953–958 °С. Поступление глинозема в электролизер осуществляется посредством автоматической системы подачи глинозема.

В основе электролитического производства алюминия лежит электролиз криолитоглиноземных расплавов, основными компонентами которого являются криолит (Na_3AlF_6), фтористый алюминий (AlF_3) и глинозем (Al_2O_3).

В промышленном электролите всегда присутствуют фтористый магний (MgF_2) и фтористый кальций (CaF_2), поступающие как с исходным сырьем, так и специально вводимый в электролит для снижения температуры его плавления и уменьшения потерь алюминия.

Процесс, протекающий в электролизере, состоит в электролитическом разложении глинозема, растворенного в электролите. На жидком алюминиевом катоде выделяется алюминий, который периодически выливается с помощью вакуум-ковша и направляется в литейное отделение на разливку. На аноде происходит окисление углерода выделяющимся кислородом. Отходящий анодный газ представляет собой смесь CO_2 и CO . Суммарная реакция, происходящая в электролизере, может быть представлена уравнением:



Процесс электролиза ведется при концентрации глинозема в электролите 1,7–2,5 %, при ее снижении до 1,5 % и ниже анод начинает хуже смачиваться электролитом, что приводит к разрастанию пузырьков анодного газа и изоляции части поверхности анода от электролита. Плотность тока на свободной поверхности сильно увеличивается, вместе с ионами кислорода на аноде начинают разряжаться ионы фтора. Изменяется состав анодных газов, которые насыщаются фторуглеродами (CF_4 и C_2F_6). Наличие у поверхности анода фторсодержащих соединений провоцирует дальнейшее развитие пассивации. Таким образом изолируется большая часть поверхности, что приводит к повышению напряжения от 10 до 100 В менее чем за секунду. В данных условиях ток проходит через газовую пленку за счет искрового, а также тлеющего разрядов.

При производстве алюминия цех оказывает минимальное воздействие на окружающую среду, поскольку существующее газоочистное оборудование обеспечивает высокую степень очистки. Полученный алюминий извлекается из электролизеров один раз в сутки посредством вакуум-ковшей и идет на дальнейшую переработку в литейный участок, где жидкий алюминий-сырец заливается в 60-тонные миксера.

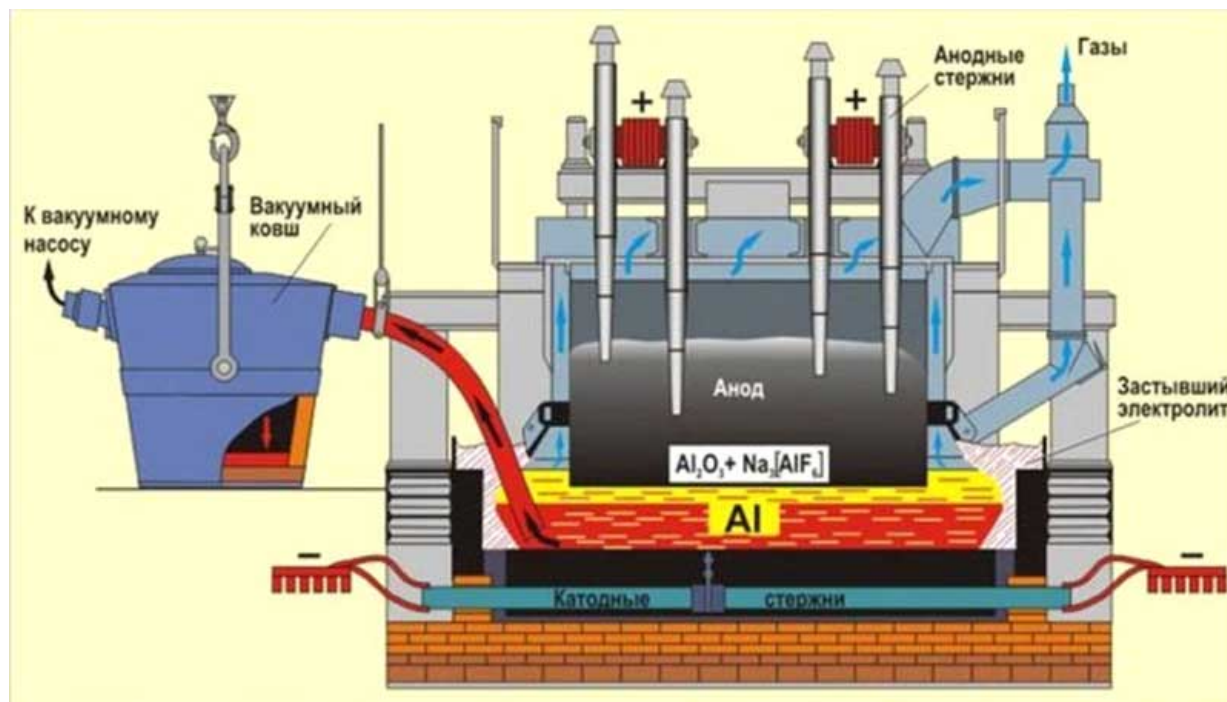


Рисунок 3.5. Процесс электролиза

Электролизеры оснащены современной автоматизированной системой управления технологией производства, осуществляющей полный автоматический контроль работы электролизной ванны, системы точечного питания и центральной раздачи глинозема. Выполнение основных технологических операций максимально автоматизировано и

механизировано, выполняется многофункциональными кранами (12 технологических и 4 вспомогательных грузоподъемных кранов).

3.4.2. Основное оборудование серии электролиза алюминия

Основное оборудование серии электролиза алюминия представлено в таблице 3.16.

Таблица 3.16. Основные показатели оборудования электролиза алюминия

| № п/п | Наименование | Тип электролизера | |
|---------------------|---|-------------------|------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Тип электролизера | GAMI-320 | NEUI-330 |
| 2 | Сила тока, кА | 320 | 320 |
| 3 | Плотность тока на аноде (А/см ²): | 0,714 | 0,714 |
| 4 | Количество установленных | 144 | 144 |
| 5 | Расположение электролизеров | поперечное | поперечное |
| 6 | Расстояние между осями эл-ров, м | 6,4 | 6,4 |
| 7 | Положение "нулевой" отметки | 1 | 2,5 |
| Анодное устройство | | | |
| 8 | Количество анодных блоков, мм | 40 | 40 |
| 9 | Размеры анодного блока, мм | 1600x700x550 | 1600x700x550 |
| 10 | Расстояние между: | | |
| | анодами в ряду, мм | 40 | 40 |
| | рядами анодов, мм | 180 | 180 |
| 11 | Расстояние от анодного массива: | | |
| | до продольных стенок, мм | 310 | 310 |
| | до торцевых, мм | 420 | 420 |
| 12 | Высота перетяжки анодной рамы, мм | не менее 400 | не менее 400 |
| 13 | Скорость перемещения ан.рамы, мм/мин | 99,3 | 99,3 |
| 14 | Анододержатель | 4-х ниппельный | 4-х ниппельный |
| 15 | Диаметр ниппеля, мм | 140 | 140 |
| 16 | Соединение с угольным блоком | Чугунная заливка | Чугунная заливка |
| Катодное устройство | | | |
| | | | |

| | | | |
|---|---------------------------------------|-------------------------------|---|
| 17 | Тип кожуха | Шпангоутный | Шпангоутный с составным поясом и поднятым фланцем |
| 18 | Верхний фланец | Не набит | С набойкой карбидкремниевой смесью |
| 19 | Количество шпангоутов, шт | 26 | 26 |
| 20 | Ориентация стенок: | вертикальные с угловым скосом | вертикальные с угловым скосом |
| | продольные | вертикальные | вертикальные |
| | торцевые | | |
| 21 | Габаритные размеры кожуха (внутр), мм | | |
| | длина | 15780 | 15780 |
| | ширина | 4180 | 4180 |
| | высота | 1407 | 1407 |
| 22 | Внутренние размеры шахты, мм | | |
| | длина | 15600 | 15600 |
| | ширина | 4000 | 4000 |
| | высота | 550 | 550 |
| | Высота/ ширина набойки, мм | 200/290 | 200/290 |
| Подина | | | |
| 23 | Размер подовых блоков, мм | 450x515x3420 | 450x515x3420 |
| 24 | Количество подовых секций, шт | 27 | 27 |
| 25 | Подовый блок | сплошной | сплошной |
| 26 | Содержание графита в блоке, % | 30 | 30 |
| 27 | Количество блюмсов, шт | 27*2 | 27*2 |
| 28 | Сечение блюмсов, мм | 65*180 | 65*180 |
| 29 | Расположение блюмсов в блоке | сплошное | с центральным швом |
| 30 | Заделка блюмсов в пазе блока | углеродистая масса | углеродистая масса |
| Система питания глиноземом и фторсолями | | | |
| 31 | Тип питателя | Точечный | Точечный |
| 32 | Тип дозатора | Клапанный | Клапанный |
| 33 | Система ЦРГ | есть | есть |
| 34 | Количество точек питания: | | |
| | глиноземом | 5 | 5 |

| | | | |
|---------------------------------|--|-----------------------------------|---------------------------------------|
| | фторосолями | 1 | 2 |
| Система газоотсоса и вентиляции | | | |
| 35 | Тип газоотсоса | Односторонний верхний | Односторонний верхний |
| 36 | Объем газоотсоса, м ³ /ч | 13600 | 13600 |
| 37 | Тип укрытия | Прямого типа со съемными крышками | Сегментного типа со съемными крышками |
| 38 | КПД укрытия, не менее % | 98 | 98 |
| 39 | Величина неплотностей, не более м ² | 1 | 1 |

Для обслуживания электролизеров и выполнения основных операций в серии электролиза используется оборудование, представленное в таблице 3.17.

Таблица 3.17. Основное оборудование электролизного производства

| № п/п | Наименование оборудования | Количество |
|-------|------------------------------------|------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Универсальный технологический кран | 8 |
| 2 | Вспомогательные краны | 4 |
| 3 | Рамы для подъема анодной ошиновки | 4 |
| 4 | Трейлер для перевозки ковшей | 5 |
| 5 | Трейлер для перевозки анодов | 5 |
| 6 | Ковши для выливки металла | 28 |

3.4.3. Литейное производство

Основной задачей литейного отделения является отливка из алюминия-сырца, поступающего из серии электролиза, алюминиевых чушек массой 20 (+/- 2) кг. Основное оборудование литейного производства: 5 миксеров, 3 разливочных конвейера, 2 грузоподъемных крана.

Технологический процесс литья алюминиевых чушек включает в себя следующие операции:

- перелив жидкого алюминия из вакуум-ковшей в миксер;
- перемешивание жидкого алюминия;
- контроль и регулирование температуры жидкого алюминия;
- непрерывное литье алюминиевых чушек;
- штабелирование и обвязка алюминиевых чушек в пакеты;
- взвешивание пакета чушек;
- проверка товарных алюминиевых чушек.

Эксплуатация участка миксеров. Работа миксерного участка литейного отделения состоит в выполнении следующих технологических операций:

взвешивание алюминия-сырца;
загрузка миксера;
рафинирование жидкого алюминия;
перемешивание;
разливка;
чистка миксера;
плавка холодных алюминиевых материалов.

Поступающие из электролизных корпусов в литейный участок ковши с жидким алюминием распределяются по миксерам отделения таким образом, чтобы заливка в миксер и смешивание алюминия-сырца различного качества из разных ковшей обеспечивали в результате заполнение миксера металлом, состав которого удовлетворяет требованиям стандарта качества продукции.

Операция загрузки жидкого алюминия-сырца в миксер осуществляется с помощью мостового крана через заливочный карман миксера поворотным устройством ковша.

После окончания операции заливки поворотное устройство ковша приводится в исходное положение. Если есть необходимость, металл подшихтовывается чушковым алюминием для обеспечения химического состава заданной марки, соответствующего среднему значению.

Контроль температурного режима при литье чушек из миксера осуществляется автоматически.

Процесс непрерывной разливки алюминия. Линия непрерывного литья для производства алюминиевых чушек массой 20 (+/-2) кг является основным оборудованием литейного отделения и представляет собой автоматическую производственную линию, с помощью которой осуществляются основные технологические процессы: литье жидкого алюминия, охлаждение, штабелирование и пакетирование чушек.

Линия непрерывного литья алюминиевых чушек состоит из литейной машины, охлаждающего конвейера, штабелирующей, обвязочной машины и производственного конвейера.

Производственную мощность литейной машины можно регулировать посредством установки рабочей скорости. Проектная производственная мощность составляет 16-22 т/час.

Весь комплекс работ, включая литье, охлаждение и штабелирование, является автоматическим, при этом пакетирование – полуавтоматическая операция.

Обвязка пакетов алюминиевых чушек осуществляется с помощью обвязочной машины на месте штабелирования стальной или полиэстеровой лентой.

Процесс литья состоит из следующих стадий:

заливка порции металла в изложницу;
снятие шлака с поверхности чушки;

- первичное охлаждение до 400 °С;
- нанесение клейма;
- вторичное охлаждение до 60 °С;
- укладка в пакеты;
- обвязка стальной или пластиковой лентой.

После завершения обвязки чушек алюминиевые пакеты от обвязочной машины перевозятся к платформенным электронным весам с целью выполнения операции взвешивания, маркировки веса и порядкового номера на пакете. Далее пакеты предъявляются в отдел технического контроля для проверки качества. После чего маркируется марка металла.

Далее пакеты алюминиевых чушек направляются на склад готовой продукции с помощью вилочного погрузчика.

Чушки, сформированные и упакованные в установленном порядке в штабель, имеющий маркировку веса, называются пакетом алюминиевых чушек. Размеры алюминиевых чушек и пакетов нижеследующие:

- размер чушки – 805x185x84 мм;
- масса чушки – 20 (+/-2) кг;
- размер пакета алюминиевых чушек – 805x805x935 мм;
- масса пакета алюминиевых чушек – 1080 (+/-100) кг.

3.4.4. Текущие уровни эмиссий в окружающую среду

Таблица 3.18. Выбросы пыли (алюминий оксид) в атмосферный воздух (по данным КТА) при производстве алюминия

| № п/п | Наименование объекта | Валовые выбросы загрязняющих веществ, т/год | | Концентрация по КТА, мг/Нм ³ | |
|-------|----------------------|---|----------|---|-------|
| | | макс | мин | макс | мин |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | А3 | 14,01216 | 10,45444 | 2,9614 | 2,425 |

Таблица 3.19. Выбросы SO₂ в атмосферный воздух (по данным КТА) при производстве алюминия

| № п/п | Наименование объекта | Валовые выбросы загрязняющих веществ, т/год | | Концентрация по КТА, мг/Нм ³ | |
|-------|----------------------|---|-----------|---|---------|
| | | макс | мин | макс | мин |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | А3 | 1130,56844 | 1052,0628 | 209,4353 | 199,453 |

Таблица 3.20. Выбросы СО в атмосферный воздух (по данным КТА) при производстве алюминия

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|

| № п/п | Наименование объекта | Валовые выбросы загрязняющих веществ, т/год | | Концентрация по КТА, мг/Нм ³ | |
|-------|----------------------|---|------------|---|----------|
| | | макс | мин | макс | мин |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | А3 | 8078,2832 | 7297,63824 | 1350,3704 | 1257,241 |

Таблица 3.21. Выбросы неорганических фторидов в атмосферный воздух (по данным КТА) при производстве алюминия

| № п/п | Наименование объекта | Валовые выбросы загрязняющих веществ, т/год | | Концентрация по КТА, мг/Нм ³ | |
|-------|----------------------|---|---------|---|-------|
| | | макс | мин | макс | мин |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | А3 | 6,8628 | 6,06828 | 0,9569 | 0,902 |

Таблица 3.22. Выбросы фтористых газообразных соединений в атмосферный воздух (по данным КТА) при производстве алюминия

| № п/п | Наименование объекта | Валовые выбросы загрязняющих веществ, т/год | | Концентрация по КТА, мг/Нм ³ | |
|-------|----------------------|---|---------|---|-------|
| | | макс | мин | макс | мин |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | А3 | 3,69496 | 3,26752 | 0,6022 | 0,565 |

Таблица 3.23. Текущие объемы потребления энергетических ресурсов при производстве алюминия

| № п/п | Наименование объекта | Потребляемый ресурс | Целевое назначение использования | Годовое потребление, т у.т | Удельное потребление, т у.т./т |
|-------|----------------------|---------------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | А3 | Электроэнергия | Электролизное производство алюминия | 499 611,83 | 1,85 |

3.5. Производство обожженных анодов

3.5.1. Смесильно-прессовый процесс

В СПУ производят "зеленые" необожженные аноды, а также принимают исходное сырье: нефтяной прокаленный кокс, каменноугольный пек, огарки (остатки анодов после возврата из цеха электролиза). В первую очередь производится подготовка сырья: рассев, дробление и измельчение кокса, подогрев пека. Подготовленный кокс дозируется согласно рецепту и подается в подогреватель кокса для нагрева до 180 °С. Затем подогретый кокс и пек подаются в смеситель непрерывного действия для гомогенизации анодной массы и с последующим охлаждением до 140-120 °С

транспортируются на прессование. Для прессования готового зеленого анода используется гидравлический пресс производительностью 25 тонн в час.

После прессования аноды транспортируются на конвейере с водным орошением для процесса охлаждения и далее направляются в склад для штабелирования.

Основное оборудование в СПУ – система конвейеров, осушительная печь, силоса хранения нефтяного кокса и каменноугольного пека, грохот, дозаторы, подогреватель, смеситель, охладитель, анодный пресс, шаровая мельница, валковая дробилка, котельная высоко органического теплоносителя.

3.5.2. Процесс обжига

В отделении обжига производят из зеленых анодов обожженные аноды.

В участке обжига аноды со склада с помощью конвейерной системы подаются на рабочую отметку печи обжига анодов. Печь обжига анодов кольцевая, открытого типа, состоит из 50 камер (в каждой камере по 7 кассет), в которые загружаются зеленые аноды для обжига с помощью многофункционального крана по семь штук в три ряда. После каждой загрузки аноды засыпаются коксом для сохранения формы и качества. На печи три зоны "огня", где аноды непосредственно обжигаются при температуре до 1190 °С. Обжиг производится с помощью горело-топочного оборудования, которое перемещается краном. Топливо, используемое в печи – мазут. Обожженные аноды после охлаждения извлекаются краном и транспортируются с помощью конвейеров на склад, предварительно пройдя через станцию очистки.

Химический состав и физические свойства обожженных анодов представлены в таблице 3.24.

Таблица 3.24. Химический состав и физические свойства обожженных анодов

| № п/п | Химический состав, % | Агрегатное состояние при доставке | Физические параметры |
|-------|---------------------------|--|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Углерод – 98 %, ера – 2 % | Твердый, прямоугольной формы 1600*700*570 мм | Плотность 1,56 т/м ³ , УЭС не более 58 мкОм*м |

Основное оборудование – многокамерная кольцевая печь открытого типа, 2 технологических многофункциональных грузоподъемных крана, система транспорта анодов, газоочистная установка, 2 крана-штабелера анодов.

3.5.3. Анодно-монтажный процесс

В анодно-монтажном отделении производят монтаж анода с анододержателем с помощью заливки из чугуна.

В зависимости от типа используемого электролизера в качестве анодных материалов используются анодная масса или предварительно обожженные аноды.

Анодные материалы являются одним из ключевых элементов в технологии электролитического производства алюминия. Угольные аноды или анодную массу для

выплавки первичного алюминия, как правило, производят на том же алюминиевом заводе, что и сам металл. Хотя в некоторых случаях их могут производить на отдельных анодных фабриках.

Сырьем для производства анодной массы и анодов служат каменноугольный пек (связующий материал) и нефтяной кокс с низким содержанием зольных примесей (наполнитель). Современное анодное хозяйство представляет собой крупное производство с разветвленной транспортно-технологической схемой и АСУТП.

Анодное производство, необходимое для обеспечения анодами цех электролиза алюминия, представляет собой цех по производству электродов который состоит из трех участков.

Основное оборудование – 4 трехтонные индукционные печи, подвесной транспортный конвейер, станции очистки и снятия огарков, снятия чугуновой заливки, чистки ниппелей, заливочная машина, конвейера, дробилки, грохоты.

В цехе по производству анодов установлено современное оборудование от мировых производителей.

3.5.4. Текущие уровни эмиссий в окружающую среду

В составе выбросов выделяются следующий перечень веществ, характерный для данного процесса – окись углерода, углеводороды, диоксид азота, сажа, диоксид серы, без(а)пирен.

Таблица 3.25. Выбросы пыли в атмосферный воздух (по данным КТА) при производстве обожженных анодов

| № п/п | Наименование объекта | Валовые выбросы загрязняющих веществ, т/год | | Концентрация по КТА, мг/Нм ³ | |
|-------|----------------------|---|---------|---|-------|
| | | макс | мин | макс | мин |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | А3 | 4,387 | 0,28962 | 10,6651 | 7,645 |

Таблица 3.26. Выбросы SO₂ в атмосферный воздух (по данным КТА) при производстве обожженных анодов

| № п/п | Наименование объекта | Валовые выбросы загрязняющих веществ, т/год | | Концентрация по КТА, мг/Нм ³ | |
|-------|----------------------|---|-----------|---|----------|
| | | макс | мин | макс | мин |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | А3 | 1019,2 | 717,39116 | 2283,9078 | 1945,472 |

Таблица 3.27. Выбросы СО в атмосферный воздух (по данным КТА) при производстве обожженных анодов

| № п/п | Наименование объекта | Валовые выбросы загрязняющих веществ, т/год | | Концентрация по КТА, мг/Нм ³ | |
|-------|----------------------|---|-----|---|-----|
| | | макс | мин | макс | мин |
| | | | | | |

| | | | | | |
|---|----|---------|----------|------|--------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | A3 | 55,6888 | 54,73148 | 1975 | 1751,2 |

Таблица 3.28. Выбросы фтористых газообразных соединений в атмосферный воздух (по данным КТА) при производстве обожженных анодов

| № п/п | Наименование объекта | Валовые выбросы загрязняющих веществ, т/год | | Концентрация по КТА, мг/Нм ³ | |
|-------|----------------------|---|------|---|-------|
| | | макс | мин | макс | мин |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | A3 | 0,54 | 0,52 | 0,765 | 0,578 |

Таблица 3.29. Выбросы бенз(а)пирена в атмосферный воздух (по данным КТА) при производстве обожженных анодов

| № п/п | Наименование объекта | Валовые выбросы загрязняющих веществ, т/год | | Концентрация по КТА, мг/Нм ³ | |
|-------|----------------------|---|----------|---|-------|
| | | макс | мин | макс | мин |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | A3 | 0,004269 | 0,002835 | 0,006 | 0,005 |

Таблица 3.30. Текущие объемы потребления энергетических ресурсов при производстве обожженных анодов

| № п/п | Наименование объекта | Потребляемый ресурс | Целевое назначение использования | Годовое потребление, т у.т | Удельное потребление, т у.т./т |
|-------|----------------------|---------------------|----------------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | A3 | Мазут | Производство обожженных анодов | 12 475,8 | 0,124 |
| 2 | | Электроэнергия | | 5 964 | |

3.6. Вспомогательные подразделения

3.6.1. Энергетическое хозяйство

Электроэнергетический цех служит для обеспечения эксплуатации высоковольтного оборудования подстанций 500, 220 и 10 кВ, ведения режима, выполнения оперативных переключений, осмотра и оперативного ремонта оборудования, энергооборудования, обеспечения потребителей энергоресурсами (воздух, тепло, вода, пар), ремонта аспирационного, компрессорного оборудования. Основное оборудование – линии электропередач, понижающие трансформаторы, выпрямительные агрегаты, компрессоры.

Цех централизованных ремонтов производит капитальный ремонт электролизеров и прочего оборудования, техобслуживание оборудования, ремонт и поддержание грузоподъемных механизмов в исправном состоянии.

Цех складских работ обеспечивает прием, хранение, складской учет и выдачу ТМЦ, уборку подразделений, благоустройство и озеленение территории завода, прием, хранение и выдачу спецодежды и спецобуви.

3.6.2. Текущие уровни эмиссий в окружающую среду

Таблица 3.31. Выбросы пыли в атмосферный воздух (по данным КТА) при вспомогательных процессах

| № п/п | Наименование объекта | Валовые выбросы загрязняющих веществ, т/год | | Концентрация по КТА, мг/Нм ³ | |
|-------|----------------------|---|------|---|------|
| | | макс | мин | макс | мин |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | А3 | 86,5318 | 73,7 | 3,1194 | 2,94 |

4. Общие наилучшие доступные техники для предотвращения и/или сокращения эмиссий и потребления ресурсов

В настоящем разделе описываются общие методы, применяемые при осуществлении технологических процессов для снижения их негативного воздействия на окружающую среду и не требующие технического переоснащения, реконструкции объекта, оказывающего негативное воздействие на окружающую среду.

Под общими НДТ следует понимать методы, а также связанные с ними уровни выбросов и потребления ресурсов, применяемые при осуществлении технологических процессов для снижения их негативного воздействия на окружающую среду, реконструкции объекта, оказывающего негативное воздействие на окружающую среду.

Настоящий раздел охватывает системы управления охраны окружающей среды, интегрированные в технологические процессы производственного цикла. Рассматриваются вопросы предотвращения образования и утилизации отходов, а также техники, позволяющие сократить потребление сырья, воды и энергии за счет оптимизации и многократного использования. Описанные техники охватывают меры, используемые для предотвращения или ограничения экологических последствий.

Раздел не охватывает исчерпывающий перечень техник. Могут использоваться другие техники по отдельности или в комбинации при условии обеспечения уровня защиты окружающей среды.

К снижению нагрузки на окружающую среду приводят общие организационные мероприятия по совершенствованию подходов к управлению и организации производства, учет аспектов воздействия на окружающую среду объектов горно-обогатительного комплекса на стадии разработки проектной документации, выбору материалов и реагентов с минимально возможным негативным воздействием на окружающую среду, мероприятия по переходу на малоотходные/безотходные технологии, логистика производства, контроль эффективности производственного

процесса, внедрение автоматизированных систем управления производственными процессами, обеспечение безаварийной эксплуатации производства, подготовка и повышение квалификации персонала и др.

4.1. Ведение комплексного подхода к защите окружающей среды

Для комплексного предотвращения или минимизации выбросов необходимо использовать методы и меры, которые позволяют избежать или ограничить выбросы в воздух, воду или почву, и при этом обеспечивается высокий уровень защиты окружающей среды в целом; необходимо принимать во внимание следующие факторы: безопасность установки, влияние утилизации отходов на окружающую среду, экономичное и эффективное использование энергии.

Неизбежные выбросы необходимо улавливать в месте возникновения, если это возможно при условии приложения соразмерных усилий. Меры по ограничению уровня выбросов должны соответствовать современному уровню технического развития и быть направлены на снижение как массовой концентрации, так и массовых потоков или массовых пропорций, исходящих от установки загрязняющих воздух веществ. Они должны надлежащим образом применяться во время эксплуатации установки.

При определении требований необходимо, в частности, учитывать следующие факторы:

- выбор интегрированных технологических процессов с максимально высоким выходом продукции и минимальным объемом эмиссий в окружающую среду в целом;

- оптимизация процесса, например, путем широкого использования исходных материалов и производства побочных продуктов;

- замещение канцерогенных, мутагенных или отрицательно влияющих на репродуктивность исходных материалов;

- сокращение объема отходящих газов, например, путем использования систем рециркуляции воздуха с учетом требований техники безопасности;

- экономия энергии и сокращение выбросов газов, влияющих на климат, например, путем оптимизации энергозатрат при планировании, строительстве и эксплуатации установок, утилизации энергии внутри установки, использования теплоизоляции.

Для осуществления комплексного подхода предприятия должны уделять особое внимание вопросам охраны окружающей среды, что выражается в:

- обязательном учете сырья и вспомогательных материалов, энергии, потребляемых или производимых объектом;

- документировании всех источников выбросов, сбросов, образования отходов, имеющих на объекте, их характера и объема, а также выявлении случаев их негативного воздействия на окружающую среду;

- используемых технологических решений и иных методов по очистке от вредных веществ сточных вод и отходящих газов, и внедрении НДТ по сокращению норм

использования природных ресурсов и снижению объемов выбросов, сбросов и образования отходов на объекте;

разработке эффективных мероприятий по рациональному использованию природных ресурсов, энергии и охране окружающей среды;

декларировании экологической политики предприятия;

подготовке и проведении сертификации производства в системе экологического менеджмента;

выполнении производственного экологического контроля и мониторинга компонентов окружающей среды;

получении экологических разрешений от специально уполномоченных государственных органов в области охраны окружающей среды;

осуществлении контроля за выполнением и соблюдением требований экологического законодательства и пр.

При этом следует учитывать:

взаимное влияние методов сокращения выбросов для различных загрязняющих веществ;

зависимость эффективности используемых методов сокращения выбросов/сбросов/отходов в отношении взаимных экологических аспектов и использования энергии и сырьевых ресурсов, экономики, а также нахождение оптимального баланса между ними.

Для достижения высоких эколого-экономических результатов необходимо совместить процесс очистки выбросов, сбросов от вредных веществ с процессом утилизации уловленных веществ. "В чистом виде" очистка вредных выбросов малоэффективна, с ее помощью далеко не всегда удается полностью прекратить поступление вредных веществ в окружающую среду, т. к. сокращение уровня загрязнения одного компонента окружающей среды может привести к усилению загрязнения другого.

К примеру, установка мокрых фильтров при газоочистке позволяет сократить загрязнение воздуха, но ведет к еще большему загрязнению воды, если отходы воды не обрабатываются должным образом. Использование очистных сооружений, даже самых эффективных, резко сокращает уровень загрязнения окружающей среды, однако не решает этой проблемы полностью, поскольку в процессе функционирования данных установок также вырабатываются отходы, хотя и в меньшем объеме, но, как правило, с повышенной концентрацией вредных веществ. Наконец, работа большей части очистных сооружений требует значительных энергетических затрат, что, в свою очередь, тоже небезопасно для окружающей среды.

Устранение самих причин загрязнения требует внедрения малоотходных, а в перспективе и безотходных технологий производства, которые позволяли бы

комплексно использовать исходное сырье и утилизировать максимум вредных для окружающей среды веществ.

Применение определенных типов отходов в качестве альтернативных видов топлива позволит снизить использование ископаемого природного топлива, объемы накопления образованных отходов и выбросов. Однако, при подборе материала должны учитываться химический состав отхода и экологические последствия, которые может вызвать процесс переработки каждого вида отходов.

Технологические операции, связанные с отключением или обходом систем очистки отходящих газов, должны разрабатываться и осуществляться с учетом низкого уровня выбросов, а также контролироваться путем фиксации соответствующих технологических параметров. На случай выхода из строя очистного оборудования необходимо предусмотреть меры для незамедлительного максимального сокращения выбросов с учетом принципа соразмерности.

4.2. Внедрение систем экологического менеджмента

Система, отражающая соответствие деятельности предприятия целям в области охраны окружающей среды. СЭМ является наиболее действенной и эффективной, когда она образует неотъемлемую часть общей системы менеджмента и операционного управления производством.

СЭМ фокусирует внимание оператора на экологических характеристиках установки. В частности, путем применения четких рабочих процедур как для нормальных, так и для нестандартных условий эксплуатации, а также путем определения соответствующих линий ответственности.

Все действующие СЭМ включают концепцию непрерывного совершенствования, а это означает, что управление окружающей средой – это непрерывный процесс. Существуют различные схемы процессов, но большинство СЭМ основаны на цикле PDCA (планируй – делай – проверяй – исполняй), который широко используется в других контекстах менеджмента организаций. Цикл представляет собой итеративную динамическую модель, где завершение одного цикла происходит в начале следующего.

СЭМ может принимать форму стандартизированной или нестандартной ("настраиваемой") системы. Внедрение и соблюдение международно-признанной стандартизированной системы, такой как ISO 14001:2015, может повысить доверие к СЭМ, особенно при условии надлежащей внешней проверки. СЭМ обеспечивает дополнительную достоверность в связи с взаимодействием с общественностью посредством заявления об охране окружающей среды и механизма обеспечения соблюдения применимого экологического законодательства [32]. Однако не стандартизированные системы могут в принципе быть одинаково эффективными при условии того, что они должным образом разработаны, внедрены и проверены аудитом.

СЭМ должна содержать следующие компоненты:

- 1) заинтересованность руководства, включая высшее руководство на уровне компании и предприятия (например, руководитель предприятия);
- 2) анализ, включающий определение контекста организации, выявление потребностей и ожиданий заинтересованных сторон, определение характеристик предприятия, связанных с возможными рисками для окружающей среды (и здоровья человека), а также применимых правовых требований, касающихся окружающей среды ;
- 3) экологическую политику, которая включает в себя постоянное совершенствование установки посредством менеджмента;
- 4) планирование и установление необходимых процедур, целей и задач в сочетании с финансовым планированием и инвестициями;
- 5) выполнение процедур, требующих особого внимания:
 - структура и ответственность;
 - набор, обучение, информированность и компетентность персонала, чья работа может повлиять на экологические показатели;
 - внутренние и внешние коммуникации;
 - вовлечение сотрудников на всех уровнях организации;
 - документация (создание и ведение письменных процедур для контроля деятельности со значительным воздействием на окружающую среду, а также соответствующих записей);
 - эффективное оперативное планирование и контроль процессов;
 - программа технического обслуживания;
 - готовность к чрезвычайным ситуациям и реагированию, включая предотвращение и /или снижение воздействия неблагоприятных (экологических) последствий чрезвычайных ситуаций;
 - обеспечение соответствия экологическому законодательству;
- 6) обеспечение соблюдения экологического законодательства;
- 7) проверка работоспособности и принятие корректирующих мер с уделением особого внимания к следующим действиям:
 - мониторинг и измерение;
 - корректирующие и превентивные действия;
 - ведение записей;
 - независимый внутренний и внешний аудит для определения соответствия СЭМ запланированным мероприятиям и надлежащим ли образом она внедряется и поддерживается;
- 8) обзор СЭМ и ее постоянную пригодность, адекватность и эффективность со стороны высшего руководства;
- 9) подготовка регулярной отчетности, предусмотренной экологическим законодательством;

10) валидация органом по сертификации или внешним верификатором СЭМ;

11) следование за развитием более чистых технологий;

12) рассмотрение воздействия на окружающую среду от возможного снятия с эксплуатации установки на этапе проектирования нового завода и протяжении всего срока его службы;

применение отраслевого бенчмаркинга на регулярной основе (сравнение показателей своей компании с лучшими предприятиями отрасли);

система управления отходами;

на установках/объектах с несколькими операторами создание объединений, в которых определяются роли, обязанности и координация операционных процедур каждого оператора установки в целях расширения сотрудничества между различными операторами;

инвентаризация сточных вод и выбросов в атмосферу.

Поддержание и выполнение четких процедур в штатных и нештатных ситуациях и соответствующее распределение обязанностей дают гарантию того, что на предприятии всегда соблюдаются условия экологического разрешения, достигаются поставленные цели и решаются задачи. СЭМ обеспечивает постоянное улучшение экологической результативности.

Все значительные входные (включая потребление энергии) и выходные потоки (выбросы, сбросы, отходы) взаимосвязано управляются оператором в кратко- средне- и долгосрочных аспектах с учетом особенностей финансового планирования и инвестиционных циклов. Это означает, например, что применение краткосрочных решений по очистке выбросов и сбросов ("на конце трубы") может привести к долгосрочному повышению потребления энергии и отсрочить инвестиции в потенциально более выгодные решения по защите окружающей среды.

Методы экологического менеджмента проектируются таким образом, чтобы минимизировать воздействие установки на окружающую среду в целом.

Компоненты СЭМ могут быть применены ко всем установкам.

Охват (например, уровень детализации) и формы СЭМ (как стандартизованной, так и не стандартизованной) должны соответствовать эксплуатационным характеристикам применяемого технологического оборудования и уровню его воздействия на окружающую среду.

Определение стоимости и экономической эффективности внедрения и поддержания действующей СЭМ на должном уровне вызывает затруднения.

СЭМ может обеспечить ряд преимуществ, например:

улучшение экологических показателей предприятия;

улучшение основы для принятия решений;

улучшение понимания экологических аспектов компании;

улучшение мотивации персонала;

дополнительные возможности снижения эксплуатационных затрат и улучшение качества продукции;

улучшение экологической результативности;

снижение затрат, связанных с экологическими нарушениями, невыполнением установленных требований и др.

На ряде предприятий, рассмотренных в рамках данного справочника по НДТ, функционируют СЭМ. К примеру СЭМ, соответствующая СТ РК ISO 14001, внедрена на предприятиях АО "Алюминий Казахстана".

К примеру, на предприятии АО "КЭЗ" внедрена интегрированная система менеджмента (ИСМ). В ИСМ включены: система менеджмента качества, окружающей среды, охраны здоровья и обеспечения безопасности труда и система энергоменеджмента, объединенные общей политикой, целями и методами достижения этих целей. Кроме принципов менеджмента общих для всех подсистем в них применяются специфические методы и процедуры менеджмента в соответствии с требованиями стандартов ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, ISO 45001:2018 и ISO 50001:2011.

4.3. Внедрение систем энергетического менеджмента

Внедрение и поддержание функционирования СЭнМ является НДТ. Реализация и функционирование СЭнМ могут быть обеспечены в составе существующей системы менеджмента (например, СЭМ) или созданием отдельной СЭнМ.

В состав СЭнМ входят, в той мере, в какой это применимо к конкретным условиям, следующие элементы: приверженность высшего руководства в отношении системы менеджмента энергоэффективности на уровне предприятия; политика в области энергоэффективности, утвержденная высшим руководством предприятия; планирование, а также определение целей и задач; разработка и соблюдение процедур, определяющих функционирование СЭнМ в соответствии с требованиями международного стандарта ISO 50 001 [15].

Особое внимание уделяется следующим вопросам:

организационной структуре системы;

ответственности персонала, его обучению, повышению компетентности в области энергоэффективности;

обеспечению внутреннего информационного обмена (собрания, совещания, электронная почта, информационные стенды, производственная газета и др.);

вовлечению персонала в мероприятия, направленные на повышение энергоэффективности;

ведению документации и обеспечению эффективного контроля производственных процессов;

обеспечению соответствия законодательным требованиям в области энергоэффективности и соответствующим соглашениям (если таковые существуют);

определению внутренних показателей энергоэффективности и их периодической оценке, а также систематическому и регулярному сопоставлению их с отраслевыми и другими подтвержденными данными.

При оценке результативности ранее выполненных и внедрении корректирующих мероприятий должно уделяться особое внимание следующим вопросам:

мониторингу и измерениям;

корректирующим и профилактическим действиям;

ведению документации;

внутреннему (или внешнему) аудиту с целью оценки соответствия системы установленным требованиям, результативности ее внедрения и поддержания ее на соответствующем уровне;

регулярному анализу СЭнМ со стороны высшего руководства на соответствие целям, адекватности и результативности;

учету при проектировании новых установок и систем возможного воздействия на окружающую среду, связанное с последующим выводом их из эксплуатации;

разработке собственных энергоэффективных технологий и отслеживанию достижений в области методов обеспечения энергоэффективности за пределами предприятия.

СЭнМ может включать следующие необязательные элементы:

подготовка и публикация периодической декларации об энергоэффективности (с внешним подтверждением или без такового), позволяющей ежегодное сравнение результативности с поставленными целями и задачами;

регулярная внешняя проверка и подтверждение (сертификация) системы менеджмента и процедуры аудита;

внедрение и функционирование системы менеджмента энергоэффективности соответствующей добровольным стандартам, принятым на национальном или международном уровне [3].

Достигнутые экологические выгоды

Снижение потребления энергии и ресурсов, улучшение экологических показателей и поддержание высокого уровня эффективности этих показателей.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Оценка опыта внедрения СЭнМ на предприятиях как в Казахстане, так и за рубежом показывает, что организация и внедрение СЭнМ позволяют снизить потребление энергии и ресурсов ежегодно на 1–3 % (на начальном этапе до 10–20 %), что соответственно приводит к снижению выбросов вредных веществ и парниковых газов. Применение энергетического менеджмента на предприятиях играет огромную роль для ограничения выбросов парниковых газов (ПГ).

Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости производства.

Технические соображения, касающиеся применимости

Описанные выше компоненты, как правило, могут быть применены ко всем объектам, входящим в область действия настоящего документа. Объем (например, уровень детализации) и характер СЭНМ (например, стандартизированная или не стандартизированная) будут связаны с характером, масштабом и сложностью установки, а также с диапазоном воздействия на окружающую среду, которое она может оказывать.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются :

улучшение экологических показателей;

повышение энергоэффективности;

повышение уровня мотивации и вовлечения персонала;

дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат и улучшения качества продукции.

4.4. Мониторинг эмиссий

Описание

Мониторинг представляет собой систематические наблюдения за изменениями химических или физических параметров в различных средах, основанный на повторяющихся измерениях или наблюдениях с определенной частотой, в соответствии с задокументированными и согласованными процедурами. Мониторинг проводится для получения достоверной (точной) информации о содержании загрязняющих веществ в отходящих потоках (выбросы, сбросы) для контроля и прогнозирования возможных воздействий на окружающую среду.

Техническое описание

Одним из наиболее важных вопросов является контроль эффективности процессов связанных с очисткой выбросов, сбросов, удалением и переработкой отходов для того, чтобы можно было провести анализ о достижимости поставленным экологическим целям, а также выявлению и устранению возможных аварий и инцидентов.

Частота проведения мониторинга зависит от вида загрязняющего вещества (токсичность, воздействие на ОС и человека), характеристик используемого сырьевого материала, мощности предприятия, а также применяемых методов сокращения выбросов, при этом она должна быть достаточной, чтобы получить репрезентативные данные для контролируемого параметра.

При выполнении мониторинга атмосферного воздуха основное внимание должно уделяться состоянию окружающей среды в зоне активного загрязнения (для источников загрязнения атмосферы), а также на границе санитарно-защитной зоны в

тех случаях, когда это необходимо для отслеживания соблюдения экологического законодательства Республики Казахстан и нормативов качества окружающей среды.

Используемые для мониторинга методы, средства измерений, применяемое оборудование, процедуры и инструменты, должны соответствовать стандартам, действующим на территории Республики Казахстан. Использование международных стандартов должно быть регламентировано нормативно-правовыми актами Республики Казахстан.

Перед проведением замеров необходимо составление плана мониторинга, в котором должны быть учтены такие показатели, как режим эксплуатации установки (непрерывный, прерывистый, операции пуска и останова, изменение нагрузки), эксплуатационное состояние установок по очистке газа или стоков, факторы возможного термодинамического воздействия.

При определении методов измерений, точек отбора проб, количества проб и продолжительности их отбора необходимо учитывать такие факторы, как:

- режим работы установки и возможные причины его изменения;
- потенциальную опасность выбросов;

- время, необходимое для отбора проб с целью получения наиболее полной информации об определяемом загрязняющем веществе в составе газа.

Обычно при выборе эксплуатационного режима для проведения измерения выбирается режим, при котором могут быть отмечены максимальные выбросы (максимальная нагрузка).

При этом для определения концентрации загрязняющих веществ в сточных водах могут быть использованы произвольный отбор или объединенные суточные пробы (24 часа), основанные на отборе проб пропорционально расходу или усредненные по времени.

При отборе проб неприемлемо разбавление газов или сточных вод, так как полученные при этом показатели нельзя будет считать объективными.

Мониторинг эмиссий может проводиться как при помощи инструментальных замеров, так и расчетным методом.

Результаты измерений должны быть репрезентативными, взаимно сопоставимыми и четко описывать соответствующее рабочее состояние установки.

Точки отбора проб

Точки отбора проб должны соответствовать требованиям законодательства Республики Казахстан в области измерений. Точки отбора проб должны:

- быть четко обозначенными;

- если возможно, иметь постоянный поток газа в точке отбора;

- иметь необходимые источники энергии;

- иметь доступ и место для размещения приборов и специалиста;

- обеспечивать соблюдение требований безопасности на рабочем месте.

Компоненты и параметры

Компонентами производственного мониторинга являются контролируемые загрязняющие вещества, присутствующие в эмиссиях в окружающую среду (выбросы, сбросы,), измеряемые или рассчитываемые на основе утвержденных методических документов.

Стандартные условия

При исследованиях состояния атмосферного воздуха необходимо учитывать:

температуру окружающей среды;

относительную влажность;

скорость и направление ветра;

атмосферное давление;

общее погодное состояние (облачность, наличие осадков);

объем газовой смеси;

температуру отходящего газа (для расчета концентрации и массового расхода);

содержание водяных паров;

статическое давление, скорость потока в канале отходящего газа;

содержание кислорода.

Данные параметры могут использоваться при определении наличия определенных компонентов в отходящем потоке газа, например, температура, содержание кислорода и пыли в газе могут указывать на разложение ПХДД/Ф. Значение pH в сточных водах может также использоваться для определения эффективности осаждения металлов.

Помимо наблюдений за качественными и количественными показателями отходящих потоков, мониторингу подлежат параметры основных технологических процессов, к которым относятся:

количество загружаемого сырья;

производительность;

температура горения (или скорость потока);

количество подсоединенных аспирационных установок;

скорость потока, напряжение и количество удаляемой пыли из рукавного или электрофильтра вместо концентрации пыли;

датчики утечки для применяемого очистного оборудования (например, возможные превышения концентрации при разрыве фильтровальной ткани рукавных фильтров).

В дополнение к вышеперечисленным параметрам для эффективной работы установки и системы очистки дымовых газов могут быть необходимы дополнительные измерения определенных параметров (таких как напряжение и электричество (электрофильтры), перепад давления (рукавные фильтры) и концентрации загрязняющих веществ на различных установках в газоходах (например, до и после пылегазоочистки).

Непрерывное и периодическое измерение выбросов

Непрерывный мониторинг выбросов предполагает постоянное измерение автоматизированной системой мониторинга, установленной на источнике выбросов.

Возможно непрерывное измерение нескольких компонентов в газах или в сточных водах, и в некоторых случаях точные концентрации могут определяться непрерывно или в виде средних значений в течение согласованных периодов времени (почасово, посуточно и т. д.). В этих случаях анализ средних значений и использование процентилей могут обеспечить гибкий метод демонстрации соответствия условиям разрешения, а средние значения можно легко и автоматически оценить.

Для источников и компонентов выбросов, которые могут оказывать значительное воздействие на окружающую среду, следует установить непрерывный мониторинг. Пыль может оказывать значительное воздействие на окружающую среду и здоровье, содержать токсичные компоненты. Постоянный мониторинг пыли позволяет также определить разрывы мешков в рукавных фильтрах.

Периодические измерения включают определение измеряемой величины с заданными временными интервалами с использованием ручных или автоматизированных методов. Указанные промежутки времени обычно являются регулярными (например, один раз в месяц или один раз/два раза в год). Длительность отбора определяется как период времени, в течение которого образец отбирается. На практике иногда выражение "точечный отбор" используется аналогично "периодическому измерению". Количество отбираемых проб может быть различным в зависимости от определяемого вещества, условий отбора проб, однако для получения достоверных показателей стабильного выброса наилучшей рекомендуемой практикой является получение как минимум трех выборок последовательно в одной серии измерений.

Продолжительность и время измерений, точки отбора проб, измеряемые вещества (т. е. загрязнители и косвенные параметры) также устанавливаются на начальном этапе при определении целей мониторинга. В большинстве случаев продолжительность отбора проб составляет 30 минут, но также может быть и 60 минут в зависимости от загрязняющего вещества, интенсивности выброса, а также схемы расположения мест отбора проб (места установки датчиков – в случае использования автоматизированных систем). Так, например, в случаях низких концентрации пыли или необходимости определения ПХДД/Ф может потребоваться больше времени для отбора проб.

Оценку воздействия выбросов и их сокращение с течением времени следует сопоставлять с относительной долей неорганизованных и организованных источников выбросов на конкретном участке. Сравнение этих результатов со стандартами качества окружающей среды, пределом воздействия на рабочем месте или прогнозируемыми значениями концентраций.

Местоположения точек отбора должны соответствовать стандартам безопасности, быть легкодоступными и иметь достаточный размер.

4.4.1. Мониторинг выбросов загрязняющих веществ в атмосферу

Производственный мониторинг является элементом производственного экологического контроля, который проводится для получения объективных данных с установленной периодичностью о воздействии производственной деятельности предприятия на окружающую среду.

Организованные выбросы в атмосферный воздух, а также параметры процессов контролируются с использованием периодических или непрерывных методов измерения в соответствии с утвержденными стандартами.

Тип использованного мониторинга (непрерывные или периодические измерения) зависит от ряда факторов, таких как природа загрязняющего вещества, экологическая значимость выбросов или ее изменчивость [33].

Мониторинг выбросов может осуществляться методом прямых измерений, из которых можно выделить:

инструментальный метод, основанный на автоматических газоанализаторах, непрерывно измеряющих концентрации загрязняющих веществ в выбросах контролируемых источников (непрерывные измерения);

инструментально-лабораторный – основанный на отборе проб отходящих газов из контролируемых источников с последующим их анализом в химических лабораториях (периодические измерения);

расчетный метод – основанный на использовании методологических данных.

Мониторинг выбросов в атмосферном воздухе может проводиться как для организованных, так и для неорганизованных источников выбросов.

Мониторинг концентраций ЗВ в дымовых газах осуществляется в форме периодических или непрерывных измерений. Периодические замеры проводятся специализированным персоналом путем краткосрочного отбора проб дымовых газов в трубе. Для измерений образец дымового газа извлекается из газохода, и загрязняющее вещество анализируется мгновенно с помощью переносных измерительных систем (например, газоанализаторов) или впоследствии в лаборатории. Мониторинг эмиссий путем непрерывных измерений (автоматизированный мониторинг), осуществляется измерительным оборудованием, установленным непосредственно в дымовой трубе, а также в газоходе с соблюдением действующих в Республике Казахстан стандартов отбора проб.

Особое внимание следует уделять мониторингу неорганизованных выбросов, так как их количественное определение требует больших трудовых и временных затрат. Имеются соответствующие методики измерения, но уровень достоверности результатов, получаемых с их применением, низок, и в связи с увеличением числа потенциальных источников оценка суммарных неорганизованных выбросов/сбросов может потребовать более существенных затрат, чем в случае выбросов/сбросов от точечных источников.

Ниже рассмотрены некоторые методы количественного определения неорганизованных выбросов:

метод аналогии с организованными выбросами, основанный на определении "эквивалентной поверхности", через которую измеряется поток вещества;

оценка утечек из оборудования;

использование расчетных методов с помощью коэффициентов для определения выбросов из емкостей для хранения, во время погрузочно-разгрузочных операций, а также выбросов, возникающих в результате деятельности вспомогательных участков (очистных сооружений и пр.);

использование устройств для оптического мониторинга (обнаружение и определение концентраций загрязняющих веществ в результате утечки с подветренной от предприятия стороны с использованием электромагнитного излучения, которое поглощается и/или рассеивается загрязняющими веществами);

метод материального баланса (учет входного потока вещества, его накопление, выходной поток этого вещества, а также его разложение в ходе технологического процесса, после чего остаток считается поступившим в окружающую среду в виде выбросов);

выпуск газа-трассера в различные выбранные точки или зоны на территории предприятия, а также в точки, расположенные на разной высоте на этих участках;

метод оценки по принципу подобия (количественная оценка выбросов исходя из результатов измерения качества воздуха с подветренной стороны с учетом метеорологических данных);

оценка мокрых и сухих осадений загрязняющих веществ с подветренной от предприятия стороны, что позволит впоследствии оценить динамику этих выбросов (за месяц или за год).

Нет методов измерений, которые применимы для общего использования на всех участках, и методологии измерений отличаются от участка к участку. Имеются значительные воздействия от других источников поблизости от промплощадки, такие как вспомогательные производства, транспорт и иные источники, которые сильно затрудняют экстраполяцию. Следовательно, полученные результаты относительно или являются ориентирами, которые могут указывать на снижение, достигнутое при помощи принятых мер по снижению неконтролируемых выбросов.

Точки отбора проб должны отвечать стандартам производственной гигиены и техники безопасности, быть легко и быстро достижимы и иметь должные размеры.

Измерение неорганизованных выбросов от площадных источников является более сложным и требует более тщательно разработанных методов, так как:

характеристики выбросов регулируются метеорологическими условиями и подвержены большим колебаниям;

источник выбросов может иметь большую площадь и определен с неточностью;

погрешности относительно измеренных данных могут быть значительны.

Мониторинг неорганизованных выбросов, попадающих в атмосферу от неплотностей технологического оборудования, должен проводиться с помощью оборудования для обнаружения утечек летучих органических соединений (ЛОС). Если объемы утечек малы и их невозможно оценить инструментальными замерами, то может применяться метод массового баланса в сочетании с отдельными измерениями концентраций загрязняющих веществ.

Описанные методы для мониторинга неорганизованных выбросов были разработаны с учетом международного опыта и находятся на той стадии, когда они не могут выдать точные и надежные фактические показатели, однако они позволяют показывать ориентировочные уровни выбросов или тенденции возможного увеличения выбросов за определенный период времени. В случае применения одного или нескольких предлагаемых методов необходимо учитывать местный опыт использования, знания местных условий, особой конфигурации установки и т. п.

Методы и инструменты, используемые для мониторинга эмиссий в атмосферный воздух, устанавливаются соответствующими национальными нормативно-правовыми актами.

4.4.2. Мониторинг сбросов загрязняющих веществ в водные объекты

Производственный мониторинг водных ресурсов представляет единую систему наблюдений и контроля деятельности предприятия для своевременного выявления и оценки происходящих изменений, прогнозирования мероприятий, направленных на рациональное использование водных ресурсов и смягчение воздействия на окружающую среду.

В рамках производственного мониторинга состояния водных ресурсов предусматриваются контроль систем водопотребления, водоотведения и осуществление наблюдений за источниками воздействия на водные ресурсы рассматриваемого района, а также их рационального использования.

Результаты мониторинга позволяют своевременно выявить и провести оценку происходящих изменений окружающей среды при осуществлении производственной деятельности.

Мониторинг состояния водных ресурсов включает:

операционный мониторинг – наблюдения за работой и эффективностью очистных сооружений сточных вод;

мониторинг эмиссий – наблюдения за объемами сбрасываемых сточных вод и их соответствия установленным нормативам, качеством сточных вод и их соответствия установленным нормам ПДС;

мониторинг воздействия – наблюдения за качеством вод приемника сточных вод – пруда-накопителя (фоновые концентрации загрязняющих веществ).

Производственный мониторинг в области охраны и использования водных объектов включает регулярный контроль нормируемых параметров и характеристик:

технологических процессов и оборудования, связанных с образованием сточных вод;

мест водозабора и учета используемой воды;

выпусков сточных вод, в том числе очищенных;

сооружений для очистки сточных вод и сооружений систем канализации;

систем водопотребления и водоотведения;

поверхностных и подземных водных объектов, пользование которыми осуществляется на основании разрешительной документации, а также территорий водоохранных зон и прибрежных защитных полос.

Метод непрерывных измерений наряду с оценкой выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух широко применяется также для определения параметров сточных вод промышленных предприятий. Измерения проводятся непосредственно в потоке сточных вод.

Основным параметром, который практически всегда устанавливается в ходе непрерывных измерений, является объемный расход сточных вод. Дополнительно в процессе непрерывного мониторинга в потоке сточных вод могут определяться следующие параметры:

рН и электропроводимость;

температура;

мутность.

Выбор в пользу использования непрерывного мониторинга для сбросов зависит от:

ожидаемого воздействия сбросов сточных вод на окружающую среду с учетом особенностей местных условий;

необходимости мониторинга и контроля производительности установки по очистке сточных вод для возможности быстрого реагирования на изменения параметров очищенной воды (при этом минимальная частота проведения замеров может зависеть от конструкции очистных сооружений и объемов сбросов сточных вод);

наличия и надежности измерительного оборудования и характера сброса сточных вод;

затрат на непрерывные измерения (экономической целесообразности).

4.5. Проведение планово-предупредительного ремонта и технического обслуживания оборудования и техники

Система ППР – это комплекс мероприятий, направленных на предупреждение износа и содержание в работоспособном состоянии оборудования.

Сущность системы ППР состоит в том, что после отработки оборудованием определенного времени производятся профилактические осмотры и различные виды

плановых ремонтов, периодичность и продолжительность которых зависят от конструктивных и ремонтных особенностей оборудования и условий его эксплуатации.

Система ППР предусматривает также комплекс профилактических мероприятий по содержанию и уходу за оборудованием.

Она исключает возможность работы оборудования в условиях прогрессирующего износа, предусматривает предварительное изготовление деталей и узлов, планирование ремонтных работ и потребности в трудовых и материальных ресурсах.

Положения о ППР разрабатываются и утверждаются отраслевыми министерствами и ведомствами и являются обязательными для выполнения предприятиями отрасли.

Основное содержание ППР – внутрисменное обслуживание (уход и надзор) и проведение профилактических осмотров оборудования, которое обычно возлагается на дежурный и эксплуатационный персонал, а также выполнение плановых ремонтов оборудования.

Системой ППР предусматриваются также плановые профилактические осмотры оборудования инженерно-техническим персоналом предприятия, которые производятся по утвержденному графику.

Грузоподъемные машины, кроме обычных профилактических осмотров, подлежат также техническому освидетельствованию, проводимому лицом по надзору за этими машинами.

Системой ППР предусматриваются ремонты оборудования 2-х видов: текущие и капитальные.

Текущий ремонт оборудования включает выполнение работ по частичной замене быстроизнашивающихся деталей или узлов, выверке отдельных узлов, очистке, промывке и ревизии механизмов, смене масла в емкостях (картерных) систем смазки, проверке крепления и замене вышедших из строя крепежных деталей.

При капитальном ремонте, как правило, выполняется полная разборка, очистка и промывка ремонтируемого оборудования, ремонт или замена базовых деталей (например, станин); полная замена всех изношенных узлов и деталей; сборка, выверка и регулировка оборудования.

При капитальном ремонте устраняются все дефекты оборудования, выявленные как в процессе эксплуатации, так и при проведении ремонта.

Периодичность остановок оборудования на текущие и капитальные ремонты определяется сроком службы изнашиваемых узлов и деталей, а продолжительность остановок – временем, необходимым для выполнения наиболее трудоемкой работы.

Для выполнения ППР оборудования составляются графики. Каждое предприятие обязано составлять по установленной форме годовой и месячный графики ППР.

Система ППР предполагает безаварийную модель эксплуатации и ремонта оборудования, однако в результате изношенности оборудования или аварий проводятся и внеплановые ремонты.

Преимущества использования системы ППР:

контроль продолжительности межремонтных периодов работы оборудования;

регламентирование времени простоя оборудования в ремонте;

прогнозирование затрат на ремонт оборудования, узлов и механизмов;

анализ причин поломки оборудования;

расчет численности ремонтного персонала в зависимости от ремонтосложности оборудования.

Недостатки системы ППР:

отсутствие удобных инструментов планирования ремонтных работ;

трудоемкость расчетов трудозатрат;

трудоемкость учета параметра-индикатора;

сложность оперативной корректировки планируемых ремонтов.

4.6. Управление отходами

Согласно Экологическому кодексу, нормативным правовым актам, принятым в Республике Казахстан, все отходы производства и потребления должны собираться, храниться, обезвреживаться, транспортироваться и захораниваться с учетом их воздействия на окружающую среду.

В целях предотвращения загрязнения компонентов природной среды накопление и удаление отходов производится в соответствии с международными стандартами и действующими нормативами Республики Казахстан, а также внутренними стандартами

Обращение с отходами, а также их размещение при проведении запланированных работ должны обеспечивать условия, при которых образующиеся отходы не оказывают вредного воздействия на состояние окружающей среды и здоровье персонала предприятия при необходимости временного накопления производственных отходов на промышленной площадке (до момента использования отходов в последующем технологическом процессе или направления на объект для размещения).

Система управления отходами заключается в следующем:

идентификация образующихся отходов;

раздельный сбор отходов (сегрегация) в местах их образования с учетом целесообразного объединения видов по степени и уровню их опасности с целью оптимизации дальнейших способов удаления, а также вторичного использования определенных видов отходов;

накопление и временное хранение отходов до целесообразного вывоза;

хранение в маркированных герметичных контейнерах;

сбор отходов на специально отведенных и обустроенных площадках;

транспортировка под строгим контролем с регистрацией движения всех отходов.

Хранение отходов в контейнерах позволяет предотвратить утечки, уменьшить уровень их воздействия на окружающую среду, а также воздействие погодных условий на состояние отходов.

4.6.1 Управление технологическими остатками

В производстве алюминия ежегодно образуются миллионы тонн отходов – шлаков, шламов, пыли и окалины, которые составляют значительные потери исходного сырья.

Основная цель всегда состоит в снижении образования отходов путем оптимизации процесса и комплексной переработки остаточных продуктов и отходов при условии отсутствия негативных межсредовых эффектов.

Сведение отходов к минимуму посредством оптимизации процесса и насколько возможно большего использования остатков и отходов является существующей практикой на сегодняшний день на многих предприятиях.

Многочисленные остатки используются в качестве сырья для других процессов. Применяются следующие техники по управлению остатками и отходами производства:

1) выбор технологии размещения отходов производства в зависимости от характеристики отходов;

2) рациональное управление местами размещения отходов применяется при:

строительстве карт шламонакопителей в качестве плотного строения основания и дамбы (в т. ч. уменьшается образование кислот и загрязнение подземных вод);

будущей рекультивации шламонакопителей в качестве покрытия откосов дамбы дробленой породой или синтетическим материалом и щебнем, покрытие почвенным слоем и посев травы (уменьшение пыления);

эксплуатации шламонакопителей (поддержание рабочего состояния дренажных канав по периметру шламонакопителей) в качестве регулярной проверки и поддержания в порядке обводных каналов отвальных площадок.

4.7. Управление водными ресурсами

Организация системы водопользования является неотъемлемой частью производственного процесса. При этом необходимо учитывать имеющиеся на предприятии процессы, качество и доступность исходной потребляемой воды, объемы потребления, климатические условия, доступность и целесообразность применения тех или иных технологий, требования законодательства в области охраны окружающей среды и промышленной безопасности, а также массу других аспектов. Снижение потребления воды, забираемой из внешних источников, является основной целью системы водопользования, показателями эффективности которой служат данные удельного и валового потребления воды на предприятии.

Вода промышленных предприятий подразделяется по назначению на охлаждающую, технологическую и энергетическую.

Охлаждающая вода применяется в контурах охлаждения металлургического оборудования, а также для охлаждения промежуточных и готовых продуктов в

различных операциях и переделах. Она может быть разделена на неконтактную охлаждающую воду и охлаждающую воду прямого контакта.

Вода на неконтактное охлаждение применяется для охлаждения печей, печных каминов, разливных механизмов и т. п. В зависимости от места расположения установки охлаждение может достигаться прямоточной или циркуляционной системой с испарительными градирнями.

Охлаждающая вода прямого контакта обычно загрязнена металлами и взвешенными твердыми частицами и часто появляется в больших количествах.

В связи с особой схемой и во избежание эффекта разбавления вода на прямое контактное охлаждение принципиально должна проходить очистку отдельно от других сточных вод.

Технологическая вода делится на средообразующую, промывную и реакционную. Средообразующая вода применяется для растворения и образования пульп, при обогащении и переработке руд, гидротранспорта продуктов и отходов производства. Промывные воды используются для промывки газообразных, жидких и твердых продуктов. Реакционная вода – вода, используемая для приготовления реагентов.

Энергетическая вода потребляется для производства пара, а также в качестве теплоносителя в системах обогрева.

4.7.1. Предотвращение образования сточных вод

Описание

Технологии и методы повторного использования воды (замкнутый цикл) успешно применяются в металлургии для сокращения образования сточных вод. Снижение объемов сточных вод также иногда оказывается экономически выгодным, так как при снижении объема сбрасываемой сточной воды уменьшается объем отбора пресной воды из природных водных объектов, что также положительно влияет на межсредовые последствия.

Техническое описание

В таблице 4.1 отражены этапы процессов переработки и повторного использования образующихся сточных вод.

Таблица 4.1. Обзор потоков сточных вод и методов их очистки и минимизации

| № п/п | Источник сточных вод | Методы минимизации стоков | Методы очистки стоков |
|-------|-------------------------------|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Техническая вода | Повторное использование в процессе насколько это возможно | Нейтрализация и осаждение. Электролиз |
| 2 | Вода для непрямого охлаждения | Использование герметичной системы охлаждения. Мониторинг системы для обнаружения утечек | Использование добавок с более низким потенциальным воздействием на окружающую среду |

| | | | |
|---|-----------------------------|--|---|
| 3 | Вода для прямого охлаждения | Отстаивание или другой метод обработки. Закрытая система охлаждения | Отстаивание. Осаждение, если необходимо |
| 4 | Грануляция шлака | Повторное применение в замкнутой системе | Отстаивание. Осаждение, если необходимо |
| 5 | Скруббер (продувка) | Обработка путем продувки. Повторное использование потоков слабых кислот, если это возможно | Отстаивание. Осаждение, если необходимо |
| 6 | Поверхностная вода | Уборка дворов и дорог. Надлежащее хранение сырья | Отстаивание. Осаждение, если необходимо. Фильтрация |

Переработка и повторное использование – это меры, интегрированные в технологические процессы. Переработка предусматривает возврат воды в процесс, в котором она была получена. Повторное использование стоков означает применение воды для другой цели, например, стоки поверхностных вод могут использоваться для охлаждения.

Как правило, в циркуляционной системе используются базовые методы очистки или периодически сбрасывается около 10 % циркулирующей жидкости в целях предотвращения накопления в циркуляционной системе взвешенных твердых частиц, металлов и солей. Например, вода для охлаждения обычно возвращается в процесс через циркуляционную систему, как показано ниже на рисунке 4.1.

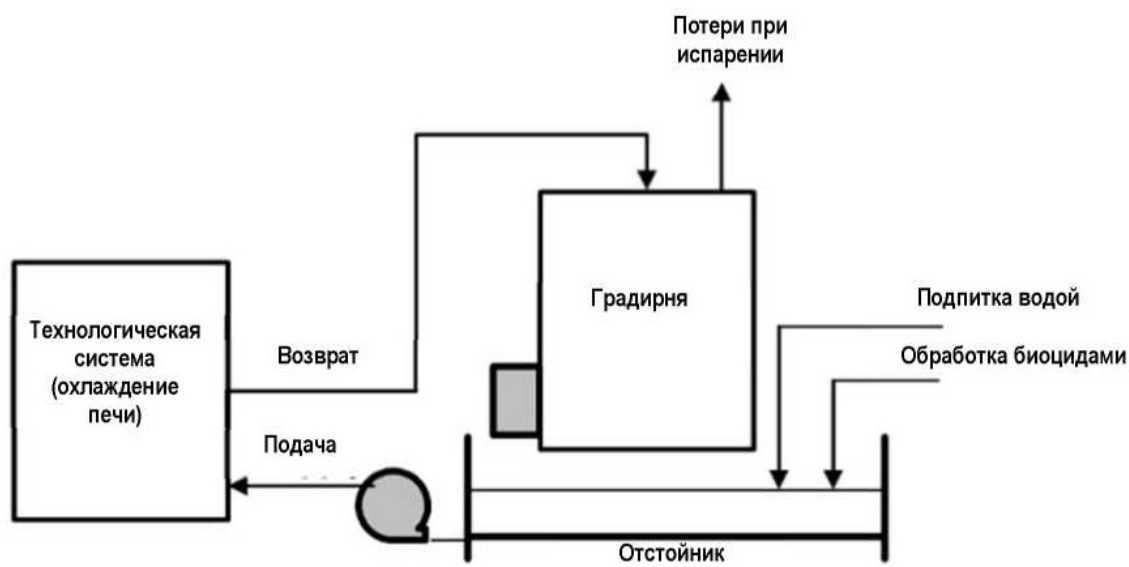


Рисунок 4.1. Пример системы рециркуляции воды для охлаждения

После обработки очищенную воду можно также повторно использовать для охлаждения, увлажнения и в некоторых других процессах. Соли, содержащиеся в очищенной воде, при повторном ее использовании могут создать определенные проблемы, например, осаждение кальция в теплообменниках. Также необходимо принимать во внимание риск роста бактерии легионеллы в теплой воде. Данные проблемы могут значительно ограничить повторное использование воды.

При наличии воды в большом объеме можно использовать проточные системы охлаждения при условии незначительного воздействия на окружающую среду.

Одной из проблем является количество сбрасываемой воды, поскольку на некоторых установках используются системы рециркуляции больших объемов воды. Одним из факторов, который необходимо учитывать при оценке воздействия сбросов, является масса содержащихся в них загрязняющих веществ.

Достигнутые экологические выгоды

Предотвращение образования сточных вод.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Зависят от конкретного объекта и технологических данных.

Кросс-медиа эффекты

Использование энергии.

Использование добавок, например, осаждающих агентов или биоцидов, при подготовке охлаждающей воды.

Перенос тепла от воды в атмосферу.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменима.

Экономика

Информация не предоставлена.

Движущая сила внедрения

Снижение потребления водных ресурсов, повышение показателей экологической эффективности.

4.8 Физические воздействия

Шум.

Шум и вибрация являются общими проблемами в секторе, и источники встречаются во всех секторах производства алюминия. Металлургическую промышленность в целом можно отнести к отрасли с выраженным шумовым фактором.

Образование шума сопровождает все стадии процесса производства алюминия, начиная от выгрузки, складирования и подготовки материалов до процесса получения и отправки готовой продукции.

Источниками шума являются непрерывно работающие дробильно-сортировочное оборудование, компрессоры, подъемно-транспортное и вспомогательное оборудование (вентиляционные установки и т. д.).

Допустимые шумовые характеристики рабочих мест регламентируются требованиями нормативно-правовых актов Республики Казахстан.

Мероприятия по борьбе с шумом – это технические мероприятия, которые проводятся по трем главным направлениям:

- устранение причин возникновения шума или снижение его в источнике;
- ослабление шума на путях передачи.

Основными мероприятиями по борьбе с шумом являются рационализация технологических процессов с использованием современного оборудования, звукоизоляция источников шума, звукопоглощение, улучшенные архитектурно-планировочные решения, средства индивидуальной защиты.

Наиболее эффективным средством снижения шума является замена шумных технологических операций на малошумные или полностью бесшумные, однако этот путь борьбы не всегда возможен, поэтому большое значение имеет снижение его в источнике.

Снижение шума в источнике достигается путем совершенствования конструкции или схемы той части оборудования, которая производит шум, использования в конструкции материалов с пониженными акустическими свойствами, оборудования на источнике шума дополнительного звукоизолирующего устройства или ограждения, расположенного по возможности ближе к источнику.

Одним из наиболее простых технических средств борьбы с шумом на путях передачи является звукоизолирующий кожух, который может закрывать отдельный шумный узел машины (например, коробку передач) или весь агрегат в целом.

Значительный эффект снижения шума от оборудования дает применение акустических экранов, отгораживающих шумный механизм от рабочего места или зоны обслуживания машины.

Применение звукопоглощающих облицовок для отделки потолка и стен шумных помещений приводит к изменению спектра шума в сторону более низких частот, что даже при относительно небольшом снижении уровня существенно улучшает условия труда.

Наиболее эффективный путь борьбы с шумом – снижение его в источнике возникновения за счет применения рациональных конструкций, новых материалов и гигиенически обоснованных технологических процессов.

Основными мероприятиями по снижению шума являются:

- звукоизоляция оборудования и инструментов с помощью глушителей, резонаторов, кожухов;

- звукоизоляция ограждающих конструкций, звукопоглощающая облицовка стен, потолков и полов;

- применение глушителей в системах вентиляции и кондиционирования воздуха, оборудовании;

акустически рациональные планировочные решения в проектировании зданий, помещений, сооружений;

конструктивные мероприятия, направленные на уменьшение шума, в том числе от инженерного и санитарно-технического оборудования зданий.

На производственное оборудование, создающее шум, должны быть оформлены технические паспорта, в которых указывают шумовые характеристики этого оборудования, измеренные заводом-изготовителем.

С целью выявления причин повышенной шумности необходимо обращать внимание на следующие моменты:

изношенность оборудования;

состояние крепления отдельных узлов и оборудования в целом к фундаменту, полу или ограждающим конструкциям зданий;

состояние балансировки движущихся деталей агрегатов;

наличие и состояние звукоизоляции ограждающих конструкций;

состояние средств глушения при наличии выхлопа газовых или воздушных струй;

недостаточность использования смазки вязкими веществами в местах трения и соударения деталей.

Когда технические способы не могут обеспечить требований нормативов, необходима правильная организация режима труда, ограничение времени действия шума и применение средств индивидуальной защиты.

Учитывая, что с помощью технических средств в настоящее время не всегда удается решить проблему снижения уровня шума, большое внимание должно уделяться применению средств индивидуальной защиты (антифоны, заглушки, наушники и др.). Эффективность средств индивидуальной защиты может быть обеспечена их правильным подбором в зависимости от уровней и спектра шума, а также контролем над условиями их эксплуатации.

Вибрация

Наиболее действенным средством защиты человека от вибрации является устранение непосредственно его контакта с вибрирующим оборудованием. Осуществляется это путем применения дистанционного управления, промышленных роботов, автоматизации и замены технологических операций.

Снижение неблагоприятного действия вибрации ручных механизированных инструментов на оператора достигается путем технических решений:

уменьшением интенсивности вибрации непосредственно в источнике (за счет конструктивных усовершенствований);

средствами внешней виброзащиты, которые представляют собой упругодемпфирующие материалы и устройства, размещенные между источником вибрации и руками человека-оператора.

В комплексе мероприятий важная роль отводится разработке и внедрению научно обоснованных режимов труда и отдыха.

Техники, применяемые для снижения шумового воздействия и вибрации:

ограждение шумных операций/агрегатов;

виброизоляция производств/агрегатов;

использование внутренней и внешней изоляции на основе звукоизолирующих материалов;

звукоизоляция зданий для укрытия любых шумопроизводящих операций, включая оборудование для переработки материалов;

установка звукозащитных стен и/ или природных барьеров;

применение глушителей на отводящих трубах;

звукоизоляция каналов и вентиляторов, находящихся в звукоизолированных зданиях;

закрытие дверей и окон в цехах и помещениях;

использование звукоизоляции машинных помещений;

использование звукоизоляции стенных проемов, например, установка шлюза в месте ввода ленточного конвейера.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение уровня шума.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

Фактор шума учтен на предприятиях производства алюминия. Действующее оборудование соответствует нормативам РК по уровню шумового воздействия.

Данные производства алюминия декларируют уровень шума согласно аттестации рабочих мест. Уровень шума соответствует технической характеристике оборудования.

Для снижения уровня шума применяются следующие методы:

ограждение агрегатов;

виброизоляция;

звукоизоляция;

применение глушителей.

Кросс-медиа эффекты

Не ожидается.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо.

Экономика

Дополнительные затраты на инвестиции и техническое обслуживание.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

Запах

В настоящее время одной из серьезных экологических проблем в металлургической отрасли является проблема неприятных запахов.

Запахи распознаются органами обоняния даже в очень малых концентрациях (значительно меньше ПДК), ниже тех, которые могут быть определены современными методами анализа. Поэтому нормирование запахов остается одной из достаточно сложных задач, поскольку уровень неприятных запахов должен быть понижен до уровня, не воспринимаемого органами обоняния, чувствительность которых может сильно отличаться у разных людей.

Техническое описание

Во всем мире запахи рассматриваются как фактор загрязнения окружающей среды, который следует нормировать, стремясь снизить выбросы дурно пахнущих веществ.

В настоящее время в мире не существует единых стандартов в вопросе нормирования и контроля запахов. Разные страны используют свои подходы к установлению нормативов в области запаха. Однако общим для многих европейских стран является метод измерения запахов, утвержденный в 2003 г. европейским стандартом EN13725 "Качество воздуха – определение концентрации запаха методом динамической ольфактометрии.

Неприятные запахи еще называются одорантами. К одорантам относится целый комплекс различных веществ органического и неорганического происхождения в концентрациях, не представляющих угрозу для здоровья. Источники выделения одорантов классифицируются следующим образом: точечные, линейные и площадные; подвижные и неподвижные; организованные и неорганизованные; постоянные и залповые и т. д.

К одорантам относятся соединения восстановленной серы (сероводород, легкие меркаптаны и др.), азотсодержащие вещества (аммиак, амины и др.), ароматические углеводороды (фенолы, толуол, крезол, ксилол и др.), органические кислоты (масляная, валериановая, капроновая и др.), шпалопропиточные масла (каменноугольное и сланцевое масло), дизельное топливо и др.

Ряд технологических процессов сопровождается выделением одорантов, которые пребывают в концентрациях, не представляющих угрозу для здоровья людей. Тем не менее, ароматические вещества, как правило, затрудняют нормальное функционирование легких, вызывая головную боль и нарушение сна.

Закрытые производственные помещения в результате недостаточного воздухообмена могут накапливать разнообразные веществ. Отсутствие герметичности резервуаров и подведенных к ним трубопроводов (в результате их физического износа, некачественного изготовления и монтажа, пробоин, осадки грунта и т. д.) приводит к значительным потерям различных веществ.

Среди методов по снижению выбросов пахучих веществ можно выделить следующие:

выявление источников образования запахов и проведение мероприятий по их удалению и (или) сокращению запахов;

эксплуатация и техническое обслуживание любого оборудования, которое может выделять запахи;

надлежащее хранение и обращение с пахучими материалами;

внедрение систем очистки вредных выбросов, сопровождающихся неприятными запахами.

Достигнутые экологические выгоды

Уменьшение уровня осязаемого запаха.

Экологические характеристики и эксплуатационные данные

В настоящее время существуют разнообразные газоочистные установки и устройства, в которых используются механические, физические, физико-химические, биологические методы и их комбинации для удаления из воздуха вредных примесей и пахучих веществ.

Кросс-медиа эффекты

Не ожидается.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо.

Экономика

Дополнительные затраты на инвестиции и техническое обслуживание.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

5. Техники, которые рассматриваются при выборе наилучших доступных техник

В данном разделе справочника по НДТ приводится описание существующих техник для конкретной области применения, которые предлагаются для рассмотрения в целях определения НДТ.

При описании техник учитывается оценка преимуществ внедрения НДТ для окружающей среды, приводятся данные об ограничениях в применении НДТ, экономические показатели, характеризующие НДТ, а также иные сведения, имеющие значение для практического применения НДТ.

Основной задачей описываемых в данном разделе методов является достижение минимальных показателей выбросов, сбросов, образования отходов с применением одной или нескольких техник, в целях комплексного предотвращения загрязнения окружающей среды.

5.1. Общие НДТ при производстве алюминия

Эффективным способом ограничения загрязнения окружающей среды остается нормирование количества выбрасываемых веществ и контроль за выбросами.

К основным мероприятиям по снижению вредного воздействия металлургических предприятий на окружающую среду следует отнести следующие:

1. Мероприятия технического характера: модернизация печей спекания и кальцинации в производстве глинозема, улучшение технологии электролизеров и разливки в производстве первичного алюминия с учетом их воздействия на окружающую среду.

2. Внедрение энергосберегающих технологий: использование тепла, энергии отходящих газов трубчатых печей спекания и кальцинации в производстве глинозема.

3. Предотвращение и локализация выбросов: герметизация и укрытие технологического оборудования (бункеров вагоноопрокидывателей), мест перегрузок сыпучих материалов, предотвращение пыления складов рудных материалов, хвостохранилищ, шламонакопителей и др.

4. Очистка вредных выбросов, образование которых нельзя предотвратить.

5. Внедрение безотходных и малоотходных технологий с комплексным использованием сырья: утилизация образующихся в процессе производства отходов (шлаков, шламов и др.) и ликвидация в результате этого отвалов и шламоохранилищ; более глубокое обогащение руд с исключением применения токсичных реагентов, более полное и экономное расходование воды, создание замкнутых систем водоснабжения, применение современных высокоэффективных очистных сооружений и комплекса различных реагентов.

5.2. Внедрение систем автоматизированного контроля и управления в технологическом процессе

5.2.1. Автоматизированные системы управления горнотранспортным оборудованием в производстве алюминия

Описание

Областью применения системы является диспетчеризация горнотранспортного оборудования: автосамосвалов, экскаваторов, бульдозеров, топливозаправщиков и другой техники, занятой на выемочно-погрузочных работах и в процессах транспортировки горной массы.

Целью внедрения системы является повышение производительности горнотранспортного комплекса за счет оперативного контроля и оптимизации производственных процессов.

Техническое описание

На долю открытого способа приходится примерно 60 % добычи полезных ископаемых. Такой удельный вес открытого способа добычи будет сохраняться и в будущем. Между тем с увеличением глубины карьеров и усложнением горно-геологических условий добычи затраты на эксплуатацию карьерного транспорта

могут превышать 50 % от себестоимости добычи. Поэтому повышение эффективности карьерного автотранспорта имеет существенное значение для горнодобывающих предприятий.

Базовая система управления погрузочно-доставочным комплексом (экскаваторы, конвейерный, автомобильный, железнодорожный транспорт) обеспечивает:

автоматический сбор информации и управление оборудованием в режиме реального времени с использованием высокоточной GPS системы позиционирования на каждой единице техники;

автоматическая диспетчеризация;

управление качеством руды;

контроль эксплуатации (загрузки автосамосвалов, скорости движения, соблюдения маршрутов, работы двигателей, расхода топлива, эксплуатации шин);

мониторинг технического состояния и обслуживания оборудования;

автоматизированное составление необходимых отчетных форм.

Управление качеством полезного ископаемого возможно за счет точного отслеживания каждой погрузки в деталях для контроля качества доставленного полезного ископаемого, выполнения различных требований к качеству полезного ископаемого отдельных приемных бункеров или накопительных складов, межзабойного усреднения – диспетчеризации порожних автосамосвалов по забоям с целью повышения производительности при выполнении требований к качеству полезного ископаемого, управления рудопотоками с усреднительных складов.

Мониторинг технического обслуживания оборудования возможен за счет регистрации событий и аварий, слежения за критическими узлами оборудования, мониторинга эксплуатации шин (вес загрузки, время движения, вычисление тонно-километров, определения критических значений и сигнализации), мониторинга расхода топлива, ежесменной и накопительной отчетности (в том числе по простоям и их причинам).

Кроме того, программно-техническое оборудование позволит включить в диспетчерскую систему карьера различное технологическое и инженерное оборудование: карьерный водоотлив, электротехническое оборудование и т. п.

В 2006 году на карьерах Сибирской угольной энергетической компании (СУЭК) провели анализ эффективности использования карьерных автосамосвалов, работающих на предприятии. Оценивались различные показатели работы этой техники и в результате был выявлен ряд проблемных моментов. Оказалось, что на различных предприятиях расход топлива по одним и тем же моделям самосвалов может различаться на 70 % при сопоставимых горно-геологических условиях. Также было установлено, что грузоподъемность самосвалов по породе на некоторых предприятиях используется только на две трети, причем самой распространенной проблемой является невозможность оценки недогруза или перегруза. И в целом исследование показало, что

коэффициент использования карьерных самосвалов в среднем по компании составляет всего 50 %.

Например, на Стойленском ГОКе благодаря внедрению системы удалось добиться снижения потребления удельного расхода топлива на 5 %, увеличить производительность работы самосвалов на 6 % в течение первых четырех месяцев после внедрения системы и повысить их среднюю эксплуатационную скорость на 7,8 %, выровнять показатели качества сырья, поданного на переработку, создать без операторную АЗС, минимизирующую очереди. Также примером служит результат автоматизации на Бакырчикском горнодобывающем предприятии, где ведется инженерный анализ данных автоматической диспетчеризации для упрощения технологического процесса.

Достигнутые экологические выгоды

Улучшение экологических показателей за счет повышения энергоэффективности добычи и транспортировки добываемой руды и снижения расходов моторного топлива, электроэнергии в процессе добычи и транспортировки.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Применение автоматических систем управления горнотранспортным оборудованием позволяет оптимизировать движение самосвалов как при первоначальном распределении машин в начале смены, так и для автоматического их перераспределения в течение смены в зависимости от текущей ситуации в карьере.

Система позволяет также осуществлять удаленную диагностику основных узлов и агрегатов автосамосвалов, экскаваторов и других мобильных объектов, например, диагностику двигателя автосамосвала, контроль давления в шинах, контроль состояния электрооборудования экскаватора, управление тяговым электроприводом и др.

Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости производства. Повышение уровня автоматизации и культуры производства.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо. Объем (например, уровень детализации) и характер внедрения будут связаны с характером, масштабом и сложностью установки, а также с ее эффективностью и диапазоном воздействия на окружающую среду, которое она может оказывать.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае. По открытым данным применения автоматических систем управления горнотранспортного оборудования на предприятиях АО "СУЭК" расчетный срок окупаемости данной системы составляет 11 месяцев.

Движущая сила внедрения

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются :

- улучшение экологических показателей;
- повышение энергоэффективности;
- дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат и улучшения качества продукции.

5.2.2 Система автоматизации контроля и управления процессами обогащения в производстве алюминия

Описание

Стабильность процесса обогащения бокситовой руды может быть достигнута автоматизацией процессов добычи рудной горной массы, размещения рудной горной массы на складах, дробления рудной горной массы, измельчения, выщелачивания бокситов.

Техническое описание

Для обеспечения стабильности процесса обогащения и получения максимального эффекта система автоматизации контроля и управления процессами обогащения каждого технологического модуля отдельно должна быть объединена в единую систему автоматического управления с визуализацией действия системы в реальном времени на разных уровнях управления: дробильщик, машинист мельниц размола, аппаратчик выщелачивания, аппаратчик сгущения, промывки, фильтрации, сушки – диспетчер – технический руководитель, что является диспетчеризацией обогатительной фабрики.

Автоматизация обогатительных фабрик включает комплекс организационных и технических мероприятий, обеспечивающих освобождение человека от непосредственного выполнения функций управления производственными процессами с передачей этих функций автоматическим устройствам, в состав которых входят системы автоматического контроля, регулирования, управления, сигнализации и защиты агрегатов и технологических установок. Автоматизация на обогатительных фабриках, как и на других производствах, развивается от создания локальных автоматических систем регулирования (АСР) отдельных операций обогатительной технологии до создания автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) и обогатительной фабрикой в целом.

Технологический процесс, как и режимы работы машин, характеризуются совокупностью физических или химических параметров, влияющих на эффективность процесса. В течение технологического процесса эти параметры не должны выходить за пределы заданных значений, которые определяются режимной картой процесса. Задачей автоматизации в данном случае является сведение к минимуму отклонения основных параметров процесса, влияющих на его ход, от требуемых значений. В автоматизации различают автоматизированные системы управления технологическим

процессом (АСУТП) и автоматические системы регулирования (АСР) некоторого фактора (параметра).

При комплексной автоматизации управления отдельными, локальными технологическими процессами можно обеспечить передачу в режиме реального времени информации о показателях процессов, балансовых данных (вес, содержание руды), действий персонала по управлению процессом, иметь интегральный учет количества израсходованных материалов, реагентов и флокулянтов.

Комплексные системы позволяют:

- производить автоматический и непрерывный контроль и управление работой механизмов, оборудованием технологических модулей, обеспечивая необходимое качество концентратов;

- осуществлять сбор и передачу данных технологических параметров работы системы в программу SCADA диспетчеризации производства.

Комплексное применение разработанных автоматических систем управления позволяет:

- централизовать управление технологическим процессом в целом по предприятию;
- уменьшить риски нарушений технологических процессов;
- обеспечить оперативную выдачу необходимой информации о показателях процесса руководителям разного уровня;
- вести учет и отчет показателей;
- стабилизировать количество перерабатываемой руды;
- сократить потери ценных компонентов в отходах;
- сократить пылеобразование;
- стабилизировать расход реагентов и материалов;
- сократить электро- и водопотребление;
- обеспечить экологическую безопасность.

Автоматический контроль процесса измельчения и классификации

Процесс измельчения контролируется и управляется следующими параметрами – количеством в мельнице руды, воды и измельчающей среды (стержни, шары), размером куска в питании, плотностью и ситовым анализом на выходе мельницы.

Основой для получения высоких технологических показателей в процессах обогащения бокситовой руды, в частности, на размол, является эффективность предварительной классификации на гидроциклонах. При большом количестве факторов, определяющих эффективность классификации и диаметр граничного зерна разделения, основными являются давление и содержание твердого в питании гидроциклона.

Современные гидроциклонные установки обеспечивают контроль и поддержание давления питания в соответствии с технической характеристикой гидроциклона. Содержание твердого в питании непостоянно, определяется режимом измельчения. По

этой причине задачей системы автоматизации установки являются контроль и поддержание заданной плотности питания гидроциклона, и содержание в сливе гидроциклона готового класса крупности. Важным этапом внедрения АСУТП является оптимизация процесса отбора проб в схеме обогащения путем гарантии качества точности измерений по определению в продуктах обогащения содержания элементов/минералов, гранулометрического состава, количества загрязняющих веществ в промышленных отходах, уровня загрязнения почв на отведенных промышленных земельных участках.

Достигнутые экологические выгоды

На основании программного обеспечения вышеперечисленных автоматизированных систем помимо основных задач ведения технологических процессов определяются количественная и качественная оценка и снижение уровня негативного воздействия вредных выбросов в окружающую среду.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Применение автоматических систем управления оборудованием позволяют оптимизировать и стабилизировать процесс дробления и измельчения, а также повысить эффективность последующих процессов обогащения.

Эффективное автоматическое управление обеспечивает стабилизацию технологических процессов обогащения.

Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости производства. Повышение уровня автоматизации и культуры производства.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо. Объем (например, уровень детализации) и характер внедрения будут связаны с характером, масштабом и сложностью установки, а также с ее эффективностью и диапазоном воздействия на окружающую среду, которое она может оказывать.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются

:

улучшение экологических показателей;

повышение энергоэффективности;

дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат и улучшения качества продукции.

5.2.3 Автоматизированные системы управления технологическим процессом (АСУТП)

Описание

Автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП) в производстве алюминия, используемые как для основных, так и для вспомогательных процессов, играют важную роль в управлении энергоэффективностью установки. АСУТП является составной частью общей системы мониторинга.

Автоматизация производственного предприятия подразумевает разработку и внедрение автоматизированной системы, в состав которой входят датчики, контроллеры, компьютеры, а также организацию обработки данных. Широко признано, что автоматизация производственных процессов позволяет не только повысить качество продукции и уровень производственной безопасности, но и улучшить общую эффективность производственного процесса, включая энергоэффективность.

В современных АСУТП для этих целей используется ряд подходов, включая: традиционные и более сложные методы регулирования;

методы оптимизации и планирования процессов, а также управления их результативностью.

Техническое описание

Центральным элементом АСУТП является программируемый логический контроллер (ПЛК), представляющий собой небольшой компьютер, предназначенный для надежной эксплуатации в условиях промышленного производства. Помимо ПЛК элементами системы являются разнообразные датчики, исполнительные устройства, а также централизованная система диспетчерского контроля и сбора данных (т. н. SCADA-система).

Все эти компоненты соединяются друг с другом и с производственным оборудованием, что позволяет управлять всеми функциями последнего с высокой степенью точности.

ПЛК получает входные данные с цифровых и аналоговых датчиков и переключателей, производит вычисления на основе заложенной в него программы и, используя результаты вычислений, управляет различными исполнительными устройствами – клапанами, реле, серводвигателями и т. п., подавая на них выходные данные. Управление осуществляется во временном масштабе миллисекунд.

ПЛК способен обмениваться информацией с оператором через операторские панели, а также SCADA-системы, установленные на производстве. Обмен данными с бизнес-уровнем предприятия (корпоративные информационные системы, финансовый учет и планирование), как правило, требует отдельного SCADA-пакета.

Методы регулирования

К традиционным методам регулирования относятся, в частности:

пропорционально-интегрально-дифференциальное (ПИД) регулирование;

компенсация запаздывания;

каскадное регулирование.

К более сложным методам регулирования относятся, в частности:

упреждающее регулирование, основанное на моделях;
адаптивное регулирование;
нечеткое регулирование.

Обработка данных

Данные о состоянии технологического процесса собираются и обрабатываются интегрированной системой, включающей датчики и контрольно-измерительные приборы, исполнительные устройства, например, клапаны, а также программируемые логические контроллеры, SCADA-системы и распределенные системы управления. Все эти системы в совокупности способны своевременно обеспечивать необходимой информацией другие вычислительные системы, а также операторов и инженеров.

Системы диспетчерского контроля и сбора данных (SCADA) позволяют инженеру, проектирующему АСУТП, организовать сбор и архивирование данных системы. Кроме того, SCADA-системы позволяют использовать более сложные методы управления, например, статистический контроль.

SCADA-система является неотъемлемой частью АСУТП, позволяя пользователю наблюдать параметры технологического процесса в реальном времени. Кроме того, SCADA-система может быть спроектирована таким образом, чтобы обеспечить удаленному пользователю тот же уровень доступа к информации о процессе, что и оператору, находящемуся непосредственно в производственных помещениях.

Техническое обслуживание: очистка датчиков

Невозможно переоценить важность точности измерений и, как следствие, состояния датчиков, используемых в АСУТП. Существует множество разновидностей контрольно-измерительных приборов и датчиков, включая терморезисторы, кондуктометры, датчики рН или уровня, расходомеры, а также таймеры и устройства аварийной сигнализации. Многие из этих приборов находятся в постоянном контакте с жидкостями или газами. Надежная и точная работа всех этих устройств требует периодической очистки, которая может выполняться вручную, согласно графику техобслуживания, или при помощи автоматизированных систем "очистки на месте" (CIP).

Полностью автоматизированная система управления должна обеспечивать возможность промывки датчиков с различной периодичностью, а также регенерации используемых чистящих растворов. Система должна также обеспечивать возможность регулировки температуры, расхода, состава и концентрации чистящих растворов.

Автоматизированная система очистки датчиков, как правило, основана на ПЛК и имеет одну или несколько операторских панелей. Важная роль системы управления очисткой состоит в ограничении гидравлического удара – серьезной проблемы для систем CIP, приводящей к сокращению срока службы оборудования.

Для очистки клапанов и различных видов уплотнений, используемых в производственном оборудовании, необходима строго определенная последовательность импульсов.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение энергопотребления, а также воздействия на окружающую среду.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Зависят от конкретного объекта.

Кросс-медиа эффекты

Использование химических веществ в небольших количествах для очистки датчиков. Возможная потеря давления в трубопроводах, вызванная наличием датчиков.

Технические соображения, касающиеся применимости

Системы управления технологическими процессами применимы в контексте любых установок I категории. Они могут варьировать от простых систем, основанных на таймерах, датчиках температуры и системах подачи материалов (например, на небольших предприятиях интенсивного животноводства) до сложных систем, применяемых, например, на предприятиях пищевой, химической, горнодобывающей или целлюлозно-бумажной промышленности.

Планирование

В ходе проектирования системы автоматизации производства следует рассмотреть ряд факторов. Так, начальный анализ конкретного процесса может выявить существующие ограничения для эффективности процесса, а также альтернативные подходы, способные обеспечить лучшие результаты.

Кроме того, необходимо определить требуемые режимы работы системы с точки зрения качества продукции, нормативных требований и производственной безопасности. Система управления должна быть надежной и дружественной к пользователю, т. е., легкой в эксплуатации и обслуживании.

При проектировании автоматизированной системы управления следует принять во внимание вопросы обработки данных и управления ими. АСУТП должна обеспечивать баланс между точностью, соответствием заданным спецификациям и гибкостью с тем, чтобы достичь максимальной эффективности технологического процесса с учетом требований к производственным затратам.

Адекватные спецификации технологического процесса, предусмотренные в системе, обеспечивают бесперебойное функционирование производственной линии. Задание неоправданно узкого или широкого диапазона допустимых условий с неизбежностью влечет за собой рост производственных затрат и/или задержки в производственном процессе. Для оптимизации производительности и эффективности процесса:

задаваемые спецификации каждого этапа технологического процесса должны быть полными и точными, причем особое внимание должно быть уделено определению реалистичного диапазона допустимых условий;

инженер, ответственный за проектирование системы управления, должен быть хорошо знаком с автоматизируемым процессом и иметь возможность консультироваться с производителем оборудования;

должно быть найдено оптимальное соотношение между возможностями системы и реальными потребностями в автоматизации, т. е. следует принять решение о том, необходима ли сложная система управления или можно обойтись более простым решением.

Экономика

Снижение затрат, связанных с энергопотреблением.

Автоматизация – интеграция системы управления в технологическую систему – позволяет значительно снизить трудозатраты на эксплуатацию сложного оборудования, обеспечив надежную и стабильную производительность.

Практика показывает, что внедрение АСУТП может обеспечить значительный экономический эффект. Нередко срок окупаемости инвестиций составляет год или менее в особенности в тех случаях, когда на предприятии уже имеется современная инфраструктура управления и мониторинга, например, распределенная система управления или система диспетчерского контроля и сбора данных (SCADA). В некоторых случаях был продемонстрирован срок окупаемости в несколько месяцев или даже недель.

Движущая сила внедрения

Повышение производительности и уровня производственной безопасности, сокращение потребности в техническом обслуживании, увеличение срока службы технологического оборудования, более высокое и стабильное качество продукции, сокращение потребности в рабочей силе.

Сокращение производственных затрат и быстрая окупаемость инвестиций, продемонстрированные в ряде случаев (как отмечено выше), послужили серьезным стимулом для внедрения подобных систем на других предприятиях.

5.2.4. Техническое обслуживание

Описание

Техническое обслуживание (ТО) всех систем и оборудования является критически важным и составляет существенную часть системы энергоменеджмента. Поддержание зданий, процессов, систем и оборудования в рабочем состоянии, что требует четкого формирования процедур и планов ТО, инвентаризации действующих в настоящее время процедур по обслуживанию, технических проверок, соответствующего обучения персонала.

Необходимо выявление возможных причин снижения энергоэффективности и возможностей для ее повышения на основе результатов планового ТО, а также отказов и случаев нештатного функционирования оборудования, а также четкое распределение ответственности за планирование и осуществление ТО. Важнейшими требованиями

являются наличие графика ТО, а также документирование всех инспекций оборудования и деятельности по ТО.

Технические проверки представляют собой регулярные проверки исправности и эффективности работы оборудования на предмет, не требуется ли вмешательство и соблюдаются ли операционные параметры в заданных границах.

Персонал, чья деятельность связана с эксплуатацией и обслуживанием сооружений, систем и оборудования, имеющих отношение к значимым энергопотребителям, должен знать о факторах, влияющих на их энергопотребление и влиянии своих действий на энергопотребление.

Техническое описание

Современные подходы к профилактическому ТО направлены на обеспечение нормального функционирования технологических процессов и систем на протяжении всего срока их службы. Графики профилактического ТО традиционно составлялись в бумажном виде и доводились до исполнителей при помощи карт или стендов, однако сейчас эти задачи решаются при помощи компьютерных систем. Выдавая список работ по плановому ТО на ежедневной основе, соответствующее программное обеспечение поддерживает полное и своевременное выполнение соответствующих задач.

Важно обеспечить интеграцию баз данных, содержащих информацию о графике ТО и технических характеристиках оборудования, с другими программными системами, имеющими отношение к ТО и управлению производственным процессом. При классификации работ по ТО и формировании соответствующей отчетности часто используются такие материалы, как отраслевые стандарты ТО. При выборе и настройке необходимого программного обеспечения можно ориентироваться, в частности, на требования стандартов ISO серии 9000 относительно ТО.

Использование программных инструментов способствует документированию возникающих проблем, а также накоплению статистических данных по отказам и частоте их возникновения. Инструменты моделирования могут быть полезны для прогнозирования отказов, а также при проектировании оборудования.

Операторы производственных процессов должны принимать плановые и внеплановые меры по поддержанию порядка на производственных участках и надлежащего состояния оборудования, включая:

- очистку загрязненных поверхностей и трубопроводов;

- обеспечение оптимальной настройки регулируемого оборудования (например, печатного);

- отключение неиспользуемого оборудования или оборудования, необходимость функционирования которого в данный момент отсутствует;

- выявление утечек (например, сжатого воздуха или пара), неисправного оборудования, трещин в трубах и т.д., и сообщение об этом;

- своевременную подачу заявок на замену изношенных подшипников.

Содержание программы ТО зависит от условий конкретной установки. Необходимо выявлять утечки, неисправности оборудования, изношенные подшипники и т.д., в особенности способные повлиять на энергопотребление, и устранять их при первой же возможности.

Достигнутые экологические выгоды

Энергосбережение. Снижение уровня шума (например, от изношенных подшипников или утечек пара).

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Зависят от конкретного объекта.

Кросс-медиа эффекты

Увеличение срока службы технологического оборудования, уменьшение затрат на техническое обслуживание и ремонт.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо на любых установках.

Там, где это применимо, должен быть обеспечен баланс между оперативным устранением неисправностей и необходимостью обеспечения качества продукции, стабильности производственного процесса, а также здоровья и безопасности персонала при выполнении ремонтных работ на действующем предприятии (где может находиться оборудование с движущимися частями, имеющее высокую температуру и т.п.).

Экономика

Зависит от конкретной установки.

Меры по поддержанию порядка на производственных участках представляют собой малозатратные мероприятия; соответствующие затраты, как правило, оплачиваются из ежегодных поступлений, находящихся в распоряжении менеджеров, и не требуют капитальных инвестиций.

Движущая сила внедрения

В целом считается, что хорошая организация ТО позволяет повысить надежность производственного оборудования и сократить продолжительность простоев, а также способствует повышению производительности и качества.

5.3. НДТ в области энерго- и ресурсосбережения

5.3.1. Применение частотно-регулируемых приводов для электродвигателей

Описание

Оборудование, позволяющие снизить расход электроэнергии на собственные нужды, прямые и косвенные выбросы вредных веществ в атмосферу. В настоящее время применение частотно-регулируемого привода (ЧРП) является оптимальным для целей регулирования производительности конвейерного, вентиляционного и насосного оборудования, при использовании которого обеспечивается наиболее рациональное использование электрической энергии при ведении технологического процесса.

Техническое описание

Возможность решения экологических проблем за счет повышения энергоэффективности производства.

На промышленных предприятиях большую долю потребления электрической энергии приходится на электрические двигатели, как привод различного технологического оборудования (конвейера, вентиляционное и насосное оборудование и т. д.). Достаточно часто такое оборудование требует регулирования, в качестве регулирующих аппаратов применяются шибера, задвижки и т. д. Внедрение частотных регуляторов (ЧРП) для приводов технологических механизмов. При этом требования к диапазону и точности регулирования скорости могут изменяться в широчайших пределах в зависимости от области применения электропривода. Применение регулируемого частотного электропривода позволяет решать поставленные задачи с большей эффективностью потребления электрической энергии, как следствие помогает сберечь электроэнергию устранением неоправданных ее затрат, которые имеют место при альтернативных методах регулирования в технологических процессах.

Достигнутые экологические выгоды

Улучшение экологических показателей за счет повышения энергоэффективности технологических процессов и снижения расходов электроэнергии в процессе производства.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

По экспертным оценкам в зависимости от режимов работы оборудования применение ЧРП позволяет снизить расход электроэнергии на насосных агрегатах, вентиляторах, конвейерах, дробилках от 20 до 40 %, обеспечить плавный пуск (снижение пусковых токов), повысить надежность и срок службы электродвигателей.

Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости производства. Повышение уровня автоматизации и культуры производства.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо. Объем (например, уровень детализации) и характер внедрения будут связаны с характером, масштабом и сложностью установки, а также с ее эффективностью и диапазоном воздействия на окружающую среду, которое она может оказывать.

Фактические данные позволяют говорить об экономии электроэнергии в зависимости от режима работы двигателя в пределах 15–40 %. Дополнительно вопрос установки ЧРП должен индивидуально рассматриваться в каждом отдельном случае исходя из глубины регулирования технологического процесса, требований промышленной санитарии на рабочих местах (для вентиляторов приточно-вытяжной вентиляции).

Применение частотно-регулируемых приводов (далее ЧРП) представляет собой одну из очевидных мер повышения энергоэффективности. Однако целесообразность таких мер должна рассматриваться в контексте всей системы, в которой используются двигатели; в противном случае существуют риски потери потенциальных выгод от оптимизации способа эксплуатации и размера систем и, как следствие, от оптимизации потребностей в электроприводах; потерь энергии в результате применения приводов переменной скорости в неподходящем контексте.

Наиболее эффективно использовать электродвигатели, оборудованные частотными преобразователями, интегрированные в системы АСУТП. Это, например, позволит обеспечивать включение и регулировку скорости вытяжки в зависимости от фактических выбросов. Так же это касается и регулирования производительности воздуходувок и насосных агрегатов. В среднем, применение таких способов регулирования может снижать потребление электроэнергии от 20 до 40 %. Отмечается применение частотно-регулируемых приводов для электродвигателей на производственных площадках АО "Алюминий Казахстана" и АО "КЭЗ".

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае. Так например, применение двигателей с частотно-регулируемым приводом (ЧРП) целесообразно при резко переменной нагрузке в зависимости, например, от технологии, времени суток, количества людей в здании и др. Применение частотно-регулируемого электропривода вентиляторов позволяет снизить расход электроэнергии на перемещение воздуха вытяжными системами на 6- 26 %, приточными системами – 3-12 %, воздуходувками – 30-40 %, при этом срок окупаемости двигателей с ЧРП может составлять от 1 года до 5-7 лет.

Движущая сила внедрения

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются

:

улучшение экологических показателей;

повышение энергоэффективности;

дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат и улучшения качества продукции.

5.3.2. Применение электродвигателей с высоким классом энергоэффективности

Описание

Оборудование, позволяющее снизить расход электроэнергии на собственные и производственные нужды, косвенные выбросы парниковых газов. В настоящее время применение современных электродвигателей с высоким классом энергоэффективности является оптимальным при модернизации существующего технологического и вспомогательного оборудования, при использовании которого обеспечивается наиболее эффективное использование электрической энергии.

Техническое описание

Возможность решения экологических проблем за счет повышения энергоэффективности производства.

Основным потребителем большинства промышленных предприятий являются различные электродвигатели. Электродвигатели преобразуют электрическую энергию в механическую. В процессе преобразования энергии часть ее теряется в виде тепла. Величина такой потери определяется энергетическими показателями двигателя. Применение электродвигателей с высоким классом эффективности позволяет существенно снизить потребление электрической энергии.

Основным показателем энергоэффективности электродвигателя является коэффициент полезного действия (КПД).

$$\eta = P_2 / P_1 = 1 - DP / P_1,$$

где P_2 – полезная мощность на валу электродвигателя;

P_1 – активная мощность, потребляемая электродвигателем из сети;

DP – суммарные потери в электродвигателе.

Соответственно, чем выше КПД, тем меньше потери и меньше энергии потребляет электродвигатель для выполнения той же работы.

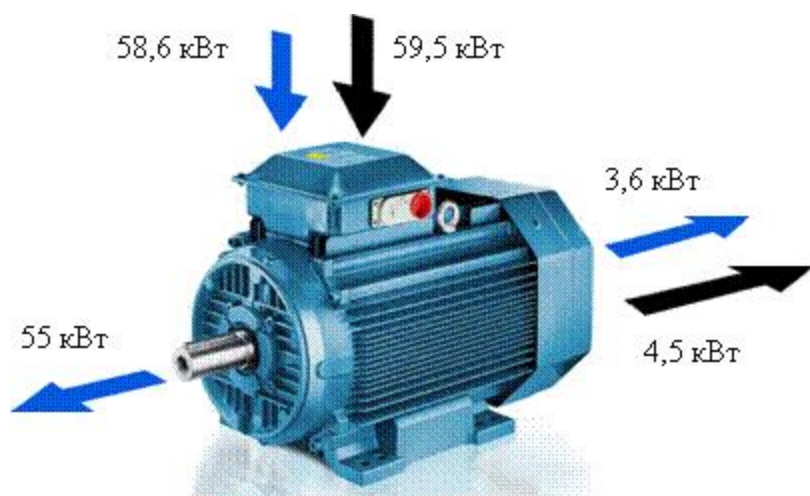


Рисунок 5.1. Сравнение обычного электродвигателя с энергоэффективным

Достигнутые экологические выгоды

Улучшение экологических показателей за счет повышения энергоэффективности технологических процессов и снижения расходов электроэнергии в процессе производства.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

По экспертным оценкам в зависимости от режимов работы оборудования применение электродвигателей с высоким классом эффективности позволяет снизить потребление электроэнергии электродвигателями от 1,5 до 5,0 %, повысить срок службы электродвигателей.

Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости производства.

Повышение срока службы электродвигателя.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо. Объем и характер внедрения будет связан с программой модернизации предприятия и заменой выходящих из строя установленных на предприятии электродвигателей.

Фактические данные позволяют говорить об экономии электроэнергии в зависимости от режима работы двигателя в пределах 1,5–5,0 %.

Замена существующих электродвигателей энергоэффективными представляет собой одну из очевидных мер повышения энергоэффективности.

Отмечается применение электродвигателей с высоким классом энергоэффективности производственных площадках АО "Алюминий Казахстана" и АО "КЭЗ".

Экономика

Применение электродвигателей с высоким классом эффективности позволяет снизить расход электроэнергии на преобразование электрической энергии в механическую 1,5-5,0 %, при этом срок окупаемости таких электродвигателей может составлять от 1 года до 7 лет.

Движущая сила внедрения

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются

:

повышение энергоэффективности;

дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат и улучшения качества продукции.

5.3.3. Применение энергосберегающих осветительных приборов

Описание

Оборудование, позволяющее снизить расход электроэнергии на хозяйственные нужды, прямые и косвенные выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. В настоящее время применение энергосберегающих осветительных приборов (светодиодных источников света) является оптимальным для целей наружного и внутреннего освещения.

Техническое описание

На промышленных предприятиях в хозяйственном потреблении электрической энергии значительную часть потребления составляют системы наружного и внутреннего освещения. При этом данное потребление электрической энергии напрямую не влияет на энергетическую эффективность производственного цикла. Однако, данное потребление учитывается при определении удельного потребления на единицу продукции.

Применение энергосберегающих осветительных приборов (светодиодные) позволяет эффективно потреблять электрическую энергию в системах освещения, как следствие помогает сберечь электроэнергию устранением неоправданных ее затрат, которые имеют место при альтернативных источниках света.

Достигнутые экологические выгоды

Улучшение экологических показателей за счет снижения расходов электроэнергии на нужды освещения.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

По экспертным оценкам и с учетом имеющегося опыта применения энергоэффективных осветительных приборов (светодиодных) снижение потребления электрической энергии составляет 50–90 %, обеспечивается лучшая освещенность, увеличивается срок службы таких осветительных приборов, не оказывает негативного влияния на экологию по сравнению с ранее применяемыми дуговыми ртутными лампами.

Кросс-медиа эффекты

Снижение энергопотребления. Первоначально замена существующих осветительных приборов на энергоэффективные может способствовать образованию большого количества отходов, требующих специальной утилизации (замена ртутных ламп на светодиодные).

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо. Объем (например, уровень детализации) и характер внедрения будут связаны с особенностями предприятия, особых сложностей по внедрению данной техники не выявлено. Внедрение энергосберегающих осветительных приборов стоит рассматривать с учетом модернизации системы освещения в целом (зональность, автоматическое управление и т. д.).

Фактические данные позволяют говорить об экономии электроэнергии в пределах 50–90 %.

Данная техника применяется повсеместно, так была произведена замена систем освещения промышленных цехов на эффективное светодиодное на АО "КЭЗ" и АО "Алюминий Казахстана".

Экономика

Применение эффективных осветительных приборов позволяет снизить расход электроэнергии на освещение на 50–90 %, при этом срок окупаемости данной техники может составлять от 0,5 года до 5–7 лет.

Движущая сила внедрения

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются

- :
- улучшение экологических показателей (не требуется утилизация);
- повышение энергоэффективности;

дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат.

5.3.4. Замена устаревших силовых трансформаторов на современные трансформаторы

Описание

Замена трансформаторов позволит избежать выхода из строя имеющихся трансформаторов, создания аварийных ситуаций, снизить нерациональный расход электроэнергии. Снижение потерь электроэнергии в трансформаторе, обусловленной потерями активной мощности (холостого хода и нагрузочными потерями) в зависимости от реактивной мощности.

Техническое описание

Целью данного мероприятия является снижение потерь электроэнергии при ее транспортировке, повышение надежности работы оборудования, снижение рисков возникновения аварийной ситуации.

Старое оборудование повышает вероятность возникновения пожаров и взрывов этих трансформаторов, так как плохая герметизация, механические повреждения, наличие посторонних примесей в изоляционной среде и т. д. независимо от типа трансформатора могут привести к короткому замыканию внутри него и, как следствие, к взрыву.

Кроме того, согласно результатам теоретических и экспериментальных исследований в области электроэнергетики, выполненных сотрудниками Ивановского энергетического института, МЭС Центра ОАО "ФСК ЕЭС", а также других вузов, научно-исследовательских, проектных и эксплуатационных организаций, сотрудничающих с ИГЭУ и МЭС Центра, при превышении нормативного срока службы трансформатора существенно снижаются его технические характеристики. Анализ значений потерь холостого хода показал, что для трансформаторов со сроком службы до 20 лет в качестве обобщенных характеристик допустимо принимать значения потерь холостого хода равным паспортным значениям. Для трансформаторов со сроком службы более 20 лет потери холостого хода возрастают в среднем с интенсивностью 1,75 % (от паспортного значения) в год [34].

Достигнутые экологические выгоды

Улучшение экологических показателей за счет снижения расходов электроэнергии, в результате снижения потерь холостого хода.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

По экспертным оценкам для трансформаторов со сроком службы более 20 лет потери холостого хода возрастают в среднем с интенсивностью 1,75 % (от паспортного значения) в год.

Кросс-медиа эффекты

Снижение энергопотребления, повышение надежности работы оборудования, снижение рисков возникновения аварийной ситуации.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

Снижение затрат на собственные нужды. Экономически не целесообразно проводить реконструкцию подстанций младше 10 лет эксплуатации.

Движущая сила внедрения

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются

:

повышение надежности энергоснабжения;

повышение энергоэффективности;

дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат.

5.3.5. Применение современных теплоизоляционных материалов на высокотемпературном оборудовании

Описание

В производстве алюминия часто используется тепловая энергия в виде пара, который транспортируется по паропроводам. Использование соответствующей изоляции для высокотемпературного оборудования (трубы для пара и горячей воды) позволяет существенно снизить тепловые потери.

Техническое описание

Теплоизоляция теплопроводов и паропроводов – актуальная задача для любого промышленного предприятия. Теплоизоляция трубопроводов с перегретым паром (паропроводов) относится к числу достаточно сложных операций, особенно при необходимости обеспечить необходимые эксплуатационные характеристики для поверхностей с высокими температурами – 200-250 °С. Монтаж изоляции нередко приходится вести без остановки действующего оборудования. Традиционные теплоизоляционные материалы, используемые для этой цели, имеют ряд существенных недостатков, которые значительно снижают эффективность их применения.

Минеральная вата и шамотный кирпич "боятся" влаги и пара, при попадании которых ухудшают свои теплоизоляционные показатели в несколько раз. Под воздействием высоких температур в минеральной вате происходит процесс разрушения связующих (смолы на основе фенола и формальдегида). Это отражается на эксплуатационных характеристиках покрытия, не говоря уже об экологической составляющей. Традиционные утеплители нуждаются в защитном покрытии, при монтаже которого неизбежно возникает проблема качественной изоляции сложных поверхностей: стыков, запорной арматуры, что не только увеличивает стоимость производства работ, но и отражается на их качестве. Как правило, паропроводы, изолированные минеральной ватой, служат недолго и часто приходится частично или полностью заменять теплоизоляционное покрытие.

Шамотный кирпич является не эффективным теплоизоляционным материалом. Коэффициент теплопроводности шамотного кирпича ($\lambda = 0,84 + 0,0006 \times t$ Вт/(м°С), ($\lambda = 0,99$

Вт/(м²·°C) при температуре 250 °C) в 10 раз выше, чем у минеральной ваты ((=0,05 + 0,0002×t Вт/(м²·°C), (= 0,1 Вт/(м²·°C) при температуре 250 °C). При этом необходимо отметить, что для паропроводов следует применять минераловатные маты, полуцилиндры с плотностью не менее 150 кг/м³, так как они имеют более высокий межремонтный период. Нарушение изоляционного слоя паровых сетей, а также и покровного слоя изоляции приводит к увеличению тепловых потерь.

Достигнутые экологические выгоды

Улучшение экологических показателей за счет повышения энергоэффективности технологических процессов и снижения потерь тепла в процессе производства.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Замена неэффективной теплоизоляции, например, шамотного кирпича на минеральную вату или более энергоэффективную изоляцию позволит снизить тепловые потери паропроводов на 35 % и довести их до нормативных значений. Продукция зарубежных производителей для изоляции трубопроводов и оборудования представлена широкой номенклатурой волокнистых теплоизоляционных материалов фирм: "Rockwool" (Дания), "Сан-Гобэн Изовер" (Финляндия), "Partek", "Paroc" (Финляндия), "Izomat" (Словакия) (цилиндры, маты и плиты без покрытия или покрытые с одной стороны металлической сеткой, стеклорогожей, алюминиевой фольгой и т. д.). Применение современных изоляционных материалов позволит снизить потери в паропроводах минимум на 30–50 %, эксплуатационные расходы за счет увеличения межремонтного периода.

Кросс-медиа эффекты

Снижение энергоемкости производства. Повышение уровня автоматизации и культуры производства.

Технические соображения, касающиеся применимости

Описанные выше компоненты, как правило, могут быть применены ко многим объектам, входящим в область действия настоящего документа. Объем (например, уровень детализации) и характер внедрения будут связаны с характером, масштабом и сложностью установки, а также с ее эффективностью и диапазоном воздействия на окружающую среду, которое она может оказывать.

Отмечается применение современных теплоизоляционных материалов на высокотемпературном оборудовании и трубопроводах в АО "КЭЗ" и АО "Алюминий Казахстана".

Экономика

Снижение тепловых потерь позволит производить дополнительное тепло без сжигания топлива, поэтому процесс является экономически и экологически

целесообразным. Мероприятия по замене изоляции из шамотного кирпича на современную окупаются за 3–4 года, ремонт изоляции для участков трубопроводов без изоляции или с нарушенной изоляцией окупаются за 1–2 года.

Движущая сила внедрения

Движущими силами для внедрения мероприятий по энергоэффективности являются :

улучшение экологических показателей;
повышение энергоэффективности;
дополнительные возможности для снижения эксплуатационных затрат и улучшения качества продукции.

5.3.6. Рекуперация тепла из теплоты отходящего процесса

Описание

Повышение энергоэффективности и сокращение внешнего потребления топлива достигается за счет применения методов рекуперации тепла отходящих газов.

Техническое описание

Горячий отходящий газ технологического процесса может также направляться в котел-утилизатор или установку испарительного охлаждения, где газ охлаждается с выработкой пара. Генерируемый пар может использоваться в технологическом процессе или при производстве тепловой или электрической энергии.

Достигнутые экологические выгоды

Переработка теплоты, выделяющейся при обогащении бокситов, и превращение ее в электричество, пар низкого давления для технологического и производственного отопления.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Снижение потребление топлива, для производства тепловой энергии.

Применение котлов-утилизаторов находит свое применение на различных промышленных предприятиях, так с целью увеличения КПД газотурбинной установки подобная технология установлена на АО "НК "Казхром" (Актюбинский завод ферросплавов).

Кросс-медиа эффекты

Не ожидается.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применяется на предприятиях с топливосжигающими установками (печи, котлы, обжиговые машины).

Экономика

Так как требуется охлаждение газа, дополнительные затраты на восстановление энергии в основном связаны с инвестициями в котел-утилизатор и турбину для выработки электроэнергии.

Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода. Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Повышение производительности, сокращение производственных затрат.

5.3.7. Полезное использование тепла отходящих газов после печей спекания

Описание

Повышение энергоэффективности и сокращение внешнего потребления топлива достигается за счет использования теплоты отходящих газов.

Техническое описание

При работе печи образуются дымовые газы с температурой 240-280 °С, которые поступают в систему газоочистки, где происходит улавливание пыли, а очищенные дымовые газы через дымовую трубу выбрасываются в атмосферу. Основным топливом для печи спекания является Шубаркольский уголь.

В качестве вспомогательного топлива для печей спекания (режимы розжига, пуска, горячего резерва) используется мазут марок 100 или 40 в соответствии с действующим законодательством, сернистый и малосернистый.

В соответствии с методическими указаниями по предупреждению низкотемпературной коррозии поверхностей нагрева и газоходов котлов температуру отходящих газов при номинальной нагрузке необходимо принимать в зависимости от содержания серы в мазуте, при содержании серы 2,1–3,0 % температура отходящих газов должна быть не ниже 160 °С. Для уменьшения низкотемпературной коррозии необходимо обеспечить температуру воды на входе в экономайзер, равную 105–110 °С.

В качестве нагреваемой среды, полезно использующей тепло отходящих дымовых газов, предлагается использовать водный раствор участка переработки спека, подаваемый на автоклавы с температурой 100-105 °С, также в первый автоклав подается свежий пар 12 атмосфер с ТЭЦ с температурой 240-280 °С, где за счет выдержки при температуре 125-145 °С происходит обескремнивание.

При нагреве алюминатного раствора в дополнительном экономайзере до входа в автоклав его температура будет выше и для его нагрева до необходимой температуры необходимо будет затратить меньшее количество пара с ТЭЦ.

Для реализации данной схемы предлагается на напоре насоса подачи алюминатного раствора на автоклавы установить запорную арматуру, для перенаправления раствора на дополнительный экономайзер, установленный в сборном газоходе после дымососов печи спекания, где будет происходить нагрев раствора, и далее уже нагретый раствор подается на вход в первый автоклав с температурой большей, чем до подачи на экономайзер.

Полезное использование температуры отходящих газов после печей спекания с утилизацией тепла в технологическом процессе завода посредством установки в поток

отходящих дымовых газов дополнительного экономайзера, который будет передавать тепло от горячих газов жидкости, протекающей по трубопроводам экономайзера.

Нагретый в дополнительно установленном экономайзере водный раствор потребует меньшего расхода пара с ТЭЦ на свой нагрев, таким образом будет обеспечиваться экономия ТЭР.

Достигнутые экологические выгоды

Использование температуры отходящих газов после печей спекания в целях снижения потребления пара с энергоисточника.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Снижение потребления топлива на энергоисточнике, для производства тепловой энергии.

Кросс-медиа эффекты

Не ожидается.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применяется на предприятиях с топливосжигающими установками (печи, котлы, обжиговые машины).

Экономика

Необходимы дополнительные затраты на трубопроводы и запорную арматуру, которые будут перенаправлять раствор на дополнительный экономайзер, установленный в сборном газоходе после дымососов печи спекания и далее на вход в первый автоклав.

Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода.

Экономия достигается за счет снижения потребления тепловой энергии. Оценочный срок окупаемости составляет до 4 лет.

Движущая сила внедрения

Повышение производительности, сокращение производственных затрат.

5.4. НДТ, направленные на обеспечение стабильности производственного процесса

5.4.1. Обеспечение стабильности процесса добычи руд

Описание

В современном горно-металлургическом комплексе все чаще возникает потребность в применении новых технологий и материалов, которые позволяют развивать добычу и переработку продукции с учетом требований экологичности и экономичности производства.

Современные технологии открытых и подземных горных работ должны основываться на принципах ресурсосбережения, природосбережения и малоотходности. Эти принципы взаимосвязаны, тесно переплетены и должны определять направленность технологии. Проблемы создания современных технологий на этих принципах носят комплексный характер и должны решаться совокупно как на уровне ведения горных работ, так и переработки полезных ископаемых.

В данном разделе описаны общие методы, техники или их совокупность для обеспечения стабильности производственного процесса на горнодобывающих предприятиях..

Техническое описание

Современное состояние горнодобывающей отрасли характеризуется тенденцией к быстрому увеличению глубины горных работ, что приводит к увеличению себестоимости добычи полезных ископаемых и отрицательно влияет на окружающую среду и безопасность горных работ.

К техникам, обеспечивающим стабильность производственного процесса на горнодобывающих предприятиях, относятся: производственный процесс добычи руд открытым и подземным способом относятся:

- применение большегрузной высокопроизводительной горной техники;
- проведение горных выработок и применение систем отработки с использованием современного высокопроизводительного самоходного оборудования;
- применение современных, экологичных и износостойких материалов;
- применение различных видов и типов конвейерного и пневматического транспорта для перевозки горной массы (также указано в разделе 5.5.1.3).

Достигнутые экологические выгоды

Переход на высокопроизводительное оборудование большой единичной мощности положительно сказывается на экологической обстановке: снижается количество выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферный воздух, уменьшается образование отходов от использования крупногабаритных шин.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Техника производственного процесса добычи руд открытым и подземным способом , в том числе при работе на глубоких горизонтах, состоит в эффективном технологическом процессе добычи путем снятия ПСП, выбора способа и схемы вскрытия рудных тел, определения и применения оптимальной системы разработки и технологии вскрышных и добычных работ, транспортного обеспечения карьеров и шахт для эффективного направления потоков на обогатительные переделы.

Для современной техники, используемой на подземных и открытых горных работах , характерно применение высоких скоростей, наличие больших нагрузок, давлений и др . Постоянное изменение горно-геологических и горно-технических условий разработки полезных ископаемых, усложнение технических средств из-за многообразия и ответственности, возлагаемых на них функций, высокие нагрузки на забои, многосвязность и последовательность цепи работающего оборудования, когда выход из строя любого из элементов приводит к остановке всего комплекса, необходимость обеспечения для горнорабочих благоприятных эргономических условий труда предъявляют серьезные требования к качеству горной техники и оборудования.

Однако в настоящее время по оценкам специалистов оборудование и технологии, применяемые горнодобывающими компаниями СНГ, по своему технологическому уровню и производительности на 15–20 лет отстают от аналогов, используемых компаниями Канады, Великобритании, ЮАР и США. Такое отставание обусловлено как малоэффективными технологиями обработки и инженерной подготовки массива к обработке, так и техническими характеристиками применяемого оборудования [35].

Представленная техника состоит в применении большегрузной карьерной техники для добычи и транспортировки горной массы в рудных карьерах. Происходит увеличение размеров ковшей экскаваторов, погрузчиков, пропорциональное увеличению грузоподъемности большегрузных автосамосвалов с сохранением оптимального соотношения количества ковшей для погрузки одного самосвала. Переход на большегрузную технику позволит уменьшить на 10 % удельные эксплуатационные затраты на экскавацию и транспортировку горной массы в карьерах, а также добиться уменьшения количества единиц технологического оборудования в карьере, снижения эмиссий в окружающую среду, энергопотребления и потребления топлива в процессах экскавации и транспортировки горной массы в карьерах.

Мировой рынок большегрузной техники представлен крупными производителями, к примеру: Komatsu, Caterpillar, Hitachi, Terex, Liebherr и БелАЗ.

В целях снижения себестоимости транспортировки горной массы и транспортно-добывающего цикла в целом в условиях ТОО "Богатырь Комир" проводилось технико-экономическое сравнение применения карьерного самосвала БелАЗ 75600 грузоподъемностью 320 тонн с эксплуатируемым БелАЗом грузоподъемностью 220 тонн. Результаты испытаний показали следующее: производительность повысилась в 1,5 раза; себестоимость транспортировки снизилась на 20 %; удельный расход топлива уменьшился на 22 %. Погрузку карьерного самосвала осуществлял экскаватор P&H2800 с емкостью ковша 33 м³. Количество ковшей для полной загрузки – 6, плечо транспортирования – 0,5 км, объем выработки горной массы – до 10 тыс. м³ в сутки [36].

Проведение горных выработок и применение систем обработки с использованием современного высокопроизводительного самоходного оборудования состоит в переходе на современную высокопроизводительную горную технику для бурения, крепления, добычных операций и транспортировки горной массы в подземных условиях обработки рудных месторождений. Обеспечивает значительное снижение доли постоянных затрат, безопасность, эргономику, комфортные условия работы для операторов и обслуживающего персонала, экономию энергоресурсов и материалов.

Основные преимущества современного самоходного оборудования – улучшение безопасности и производительности, минимизация потерь и разубоживания руды, эргономика и комфортные условия. Эксплуатация установок очистного бурения с

высоким уровнем автоматизации технологического процесса и позиционированием позволяет достичь беспрецедентно высокой производительности, точности и прямолинейности скважин. Передовые механизированные комплексы для установки анкеров, нанесения бетонных смесей обеспечивают оперативное крепление значительных площадей обнажений горных выработок, в большинстве случаев позволяют вытеснить тяжелые виды крепей и использование крепежного леса, деревянных затяжек и забутовок [37]. Машины для бурения восстающих вертикальных и наклонных скважин круглого сечения диаметром до 3000 мм длиной до 100 м в длину и под углом до 70 ° способны бурить по очень крепким породам и идеально подходят для сооружения рудоспусков, вентиляционных скважин, ходков и т. п. (без применения взрывных работ). Погрузочно-доставочные машины способны преодолевать большие уклоны и быстро перемещаться на существенные расстояния, обеспечивать высокую производительность с низкой удельной себестоимостью погрузки и транспортировки. ПДМ и буровые установки с электрическим приводом используют экологически чистую электрическую энергию и обеспечивают лучшие условия труда за счет отсутствия выхлопных газов, меньшего уровня вибраций и шума. Кроме того, снижаются требования к вентиляции выработок, происходит сокращение расходных материалов, таких как моторное масло и фильтры, увеличиваются интервалы между техническим обслуживанием [38].

Одним из первых пользователей электрических погрузочно-доставочных машин Sandvik стал рудник Кируна фирмы LKAB в северной Швеции, где добывают железную руду. Рудник решил перейти на электроприводные машины в конце 80-х в связи с высокой производительностью, низкими общими издержками и минимальным воздействием на окружающую среду по сравнению с традиционными дизельными машинами. В 1985 году фирма LKAB впервые испытала на руднике Кируна электрическую ПДМ – опытный образец Sandvik для модели Toro 500. С момента принятия решения о переходе на электрические машины LKAB Кируна последовательно заменяет парк своих дизельных погрузчиков. Сегодня на руднике работает 17 электрических и 3 дизельных ПДМ. Электрические ПДМ используются для погрузки добытой руды, перемещая в ковше в среднем 25 тонн.

На медном руднике Нортпаркес в Новом Южном Уэльсе было закончено 2000-часовое испытание новой модели погрузчика LH514E. Золотой рудник Риджуэй также в Новом Южном Уэльсе ввел в эксплуатацию парк из пяти новых автоматизированных ПДМ LH514E. В планах новые проекты и на других рудниках.

Использование износостойких, коррозионностойких, жаростойких, теплоизоляционных и других видов покрытий позволяет резко сократить потери металлов, расход ресурсов на их возмещение и даст возможность повысить качество, надежность и долговечность машин, оборудования и сооружений. Техника состоит в применении износостойких элементов и накладок на рабочие органы горного

оборудования и обеспечивает дополнительную конструкционную прочность и износостойкость, а также повышает коэффициент технической готовности машин и оборудования. Применение буровых коронок и штанг из современных высокопрочных сплавов позволяет достичь высокой производительности и точности бурения, снижения себестоимости на 3–10 %.

Кросс–медиа эффекты

Экономия материалов. Потребность в дополнительных объемах энергоресурсов.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимость определяется конкретными горно-геологическими, горнотехническими и эксплуатационными условиями разрабатываемого месторождения и экономической целесообразностью. Представленные методы могут использоваться как по отдельности, так и в совокупности.

Экономика

Использование большегрузной техники повышает эффективность ведения горных работ и оптимизирует затраты (за счет экономии топлива и затрат на техобслуживание), позволяет снизить себестоимость продукции и стать более конкурентоспособными на рынке, повышает безопасность на технологических дорогах. Для примера эксперты компании ООО "Комек Машинери" сравнивали, сколько экономит машина, грузоподъемностью 40 тонн по сравнению с 20- тонником – 15 центов на тонне груза за счет экономии топлива, амортизации, человеко-часов и других факторов.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства. Снижение нагрузки на экосистемы (воздух, вода, почвенный покров). Экономическая эффективность открытых и подземных горных работ. Увеличение производительности.

5.4.2. Обеспечение стабильности процесса обогащения руд цветных металлов

5.4.2.1. Переработка богатой руды дроблением с последующим разделением, сортировкой по классам крупности товарной продукции

Описание

Переработка руды дроблением с последующим разделением, сортировкой по классам крупности.

Техническое описание

Подача материала из бункера производится двумя пластинчатыми питателями, имеющими по четыре скорости вращения полотна, что позволяет дозировать загрузку дробилок и конвейерных трактов. Во избежание забивок пересыпных устройств не дробленными и смерзшимися кусками на перегрузке материала с питателей на ленточный конвейер установлены камнеотделители с решетками. Конвейеры оборудованы металлоотделителями.

Материал из бункера по системе конвейеров одной из ниток поступает на грохот, а после грохота верхний отсев на дробилку. Продукты грохочения и дробления

объединяются на проходящем под ними конвейере. В зависимости от установленных параметров по правым ниткам 1-й и 2-й очереди производится дробление бокситов с крупностью до 110 мм, по левым ниткам – угля и известняка с крупностью до 40 мм, по схеме вагонопрокидывателя № 3 обе нитки дробления с крупностью до 40 мм. Для более качественного просеивания и отделения фракций разного размера кусков сырья в полые колосники грохотов подается пар. При подаче которого происходит прогрев и самоочищение от налипающего сырья. В зимнее время предусмотрена подача пара в корпус ротора дробилки во избежание напрессовки сырья между наковальной и внутренней частью пластинчатой ленты дробящего транспортера, а также между корпусом дробилки и маховиками ротора – это способствует самоочищению от налипшего сырья.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение выбросов пыли.

Сокращение образования твердых отходов.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Снижение запыленности производственных помещений для улучшения общей экологической обстановки. Сортировка производительна, экономически выгодна в эксплуатации и экологически безопасна.

Кросс-медиа эффекты

Потребность в дополнительных объемах энергоресурсов.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо. Отсутствие разделения руд по сортам и типам при добыче и отгрузке ведет к нарушению технологического процесса и сверхнормативным потерям металлов с хвостами обогащения.

Выбор методов предварительной обработки сырья зависит от типа оборудования, технологического процесса производства, а также от типа и размера частиц исходного сырья.

Централизованная система аспирации воздуха может быть применима для новых установок, работающих с порошкообразными или пылевидными материалами, для ее реализации на существующих предприятиях потребуется серьезная модернизация.

Экономика

Дополнительные затраты на инвестиции и техническое обслуживание. Данная техника не является новой. Схема дробления и сортировки рассчитывается на этапах проектирования.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

5.4.2.2. Использование мельниц самоизмельчения и полусамоизмельчения для руд с высокой крепостью

Описание

Сущность процесса рудного самоизмельчения заключается в том, что куски руды крупнее 75 мм (дробящие тела) измельчаются путем соударения друг о друга в более мелкие зерна руды. На рудных мельницах самоизмельчения отношение диаметра барабана к длине – $D/L \geq 3$, т. е. имеют большой диаметр (до 12,8 м) и сравнительно малую длину.

Техническое описание

Мельницы типа самоизмельчения применяют для мокрого рудного самоизмельчения руд вместо конусных дробилок для среднего и мелкого дробления, стержневых и шаровых мельниц, т. е. после крупного дробления руда измельчается до крупности флотационного обогащения.

Самоизмельчение применяется для измельчения материалов крупностью от 250–500 мм до 0,3 мм и мельче. При этом в мельницу загружается вся исходная неклассифицированная руда после крупного дробления. В некоторых случаях в мельницу загружают небольшое число шаров диаметром 100–150 мм.

Мельницы рудногалечные. Размеры рудногалечных мельниц выбираются на основе предварительных испытаний и определяются производственной мощностью предприятия, крупностью питания и измельченного продукта, а также физико-механическими свойствами измельчаемого материала.

Рудногалечные мельницы применяются на обогатительных фабриках, перерабатывающих золотосодержащие и полиметаллические руды. Для рудногалечного измельчения применяют мельницы с отношением длины барабана к его диаметру $L:D = 1,5: 1$.

Галю необходимой крупности получают путем грохочения руды в процессе ее дробления или из рудных мельниц.

Рудногалечное измельчение осуществляется как в открытом, так и замкнутом циклах. Рудногалечные мельницы при тонком измельчении, как правило, работают в замкнутом цикле с гидроциклонами или спиральными классификаторами.

Поскольку плотность гали ниже, чем стальных шаров, размеры рудногалечной мельницы должны быть больше, чем шаровой, при одинаковой потребляемой мощности.

Основными преимуществами рудногалечного измельчения являются хорошая избирательность, что повышает качественно-количественные показатели обогащения; полное или значительное сокращение расхода стальных шаров; простота и надежность эксплуатации мельниц; снижение себестоимости измельчения.

В процессе самоизмельчения МСИ в качестве мелющего тела используется сама руда. В процессе полусамоизмельчения (МПСИ) дополнительно задействуются вспомогательные мелющие тела (обычно – стальные шары). Мельницы МСИ/МПСИ широко используются для измельчения руд цветных металлов. Линейка этих мельниц включает в себя модели различных размеров и мощностей:

диаметром от 1,8 м до 12,8 м;
мощностью до 28 МВт;
с синхронным, асинхронным, кольцевым двигателем;
с подшипниками качения или скольжения (гидродинамические или гидростатические).

Преимущества мельниц самоизмельчения:

1. Универсальность применения. Оптимально подходят как для сухого, так и для мокрого измельчения. МСИ являются оптимальным решением для мокрого измельчения, поскольку дробление и грохочение в некоторых случаях могут быть затруднены или вовсе невозможны. Доступен широкий выбор размеров мельниц. Благодаря широкому выбору размеров МСИ могут применяться для различных типов руд.

2. Мельницы самоизмельчения (МСИ) могут выполнять процесс измельчения, равный по эффективности двум или трем стадиям дробления и грохочения, стержневой мельницы, а также полностью или частично заменяют шаровую мельницу, т.е. заменяют две стадии дробления и одну-две стадии измельчения, обеспечивая получение готового продукта для флотации (от 50 до 75 % класса -0,074 мм), при этом значительно упрощается технологическая схема фабрики.

3. Низкая стоимость капитальных и эксплуатационных затрат. Упрощение технологического процесса ведет к снижению капитальных и эксплуатационных затрат. Широкий выбор размеров мельниц и универсальность применения позволяют организовать процесс измельчения с МСИ при меньшем количестве линий, чем в традиционных системах. Это, в свою очередь, способствует снижению капитальных затрат и затрат на техническое обслуживание участка МСИ.

4. Резко снижается расход стали (шаров и стержней), а в большинстве случаев металлические дробящие тела полностью исключаются.

5. Для многих руд наблюдается снижение переизмельчения рудных и нерудных минералов.

6. Вследствие исключения металлических дробящих тел продукт самоизмельчения имеет меньшее содержание тонкодисперсного железа, что весьма важно при последующем обогащении.

7. Обеспечиваются более высокая степень раскрытия рудных минералов по сравнению с шаровым измельчением и повышение качества концентрата.

8. Эффективность благодаря автоматической работе. Автоматическая работа позволяет экономить электроэнергию, мелющую среду и снижает износ футеровки, одновременно увеличивая пропускную способность оборудования. Эффективный технологический процесс на базе программного обеспечения на всех этапах: от проектирования участка до ввода в эксплуатацию и оптимизации работы оборудования, чтобы обеспечить достижение ожидаемых результатов измельчения.

9. Инновационный привод мельницы для увеличения мощности в два раза. Привод мельницы Qd x 4ГМ является следующим шагом в развитии конструкции приводов мельниц, в которой для создания системы используются компоненты, соответствующие текущим производственным возможностям. Данное решение обеспечивает удвоенную приводную систему по сравнению со стандартными приводами с двумя ведущими шестернями. Технология безредукторного привода мельницы (GMD) дополнительно расширила области применения крупногабаритных МСИ и позволила произвести крупнейшую в мире мельницу ПСИ диаметром 42 дюйма при передаче мощности 28 МВт.

10. Сокращается в два раза пылевынос, т. к. руда из цеха крупного дробления поступает на мокрое самоизмельчение.

Недостатки процесса самоизмельчения: в некоторых случаях образуется избыточное число кусков "критической крупности", чтобы не снижалась производительность мельницы, необходимо выводить их из процесса, либо добавлять стальные шары для их разрушения; при изменении измельчаемости и крупности исходной руды меняется производительность мельниц самоизмельчения; рыхлые окисленные руды с низкой крепостью не могут быть измельчены до нужной крупности; мельницы самоизмельчения по сравнению с шаровыми имеют более низкую удельную производительность.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение выбросов пыли.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Сокращаются выбросы пыли, т. к. руда из цеха крупного дробления поступает на мокрое самоизмельчение. К примеру, на предприятии ТОО "KAZ Minerals Aktogay" применяется двухстадиальное измельчение до крупности 80 % -0,180мм, первичное измельчение в шаровой мельнице полусамоизмельчения в открытом цикле с выделением рудной гали и последующей второй стадией измельчения в шаровых мельницах в замкнутом цикле с гидроциклонами (поверочная классификация).

Кросс-медиа эффекты

Снижение капитальных и эксплуатационных затрат.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

Дополнительные затраты на инвестиции и техническое обслуживание.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства, в части предотвращения/сокращения эмиссий в окружающую среду.

5.4.3. Методы очистки алюминатных растворов

5.4.3.1. Технология вывода железистых песков из бокситовой пульпы перед стадией выщелачивания

Техника предполагает технологию по переработке некондиционных бокситов. Некондиционность их обуславливается высоким содержанием примесей карбонатов, сульфатов, органики.

Описание

Техника вывода железистых песков на стадии размола боксита позволяет выделить до 60 % вредных примесей в начале технологического цикла. С железистыми песками уходит ~ 50÷60 % карбонатсодержащих примесей и 40÷50 % соединений серы и двухвалентного железа. Технологическая ценность схемы заключается в том, что балластная составляющая, содержащая огромную долю бокситовых примесей, сбрасывается в отвал раньше, чем они успеют прореагировать в щелочном растворе с образованием вредных для технологии продуктов.

Техническое описание

Содержание компонентов в некондиционных бокситах приведено в таблице 5.1.

Таблица 5.1. Содержание компонентов в некондиционных бокситах

| № п/п | Наименование | Содержание, % | | | | | | | | |
|-------|----------------------|--------------------------------|------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|---------|-----|
| | | Al ₂ O ₃ | SiO ₂ | M _{SiO₂} | F ₂ O ₃ | CO ₂ | SO ₃ | C _{орг} | Глин фр | FeO |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | Красногорский боксит | 43÷50 | 10÷13 | 3,8÷4,8 | 8÷14 | 2÷8 | 0,8÷3,0 | 1,0÷6,0 | 45 | 4÷7 |

При переработке на глинозем по технологии Байер-спекания высококарбонатных бокситов, обогащенных сульфидными соединениями, происходит потеря каустической щелочи вследствие разложения сульфидов, карбонатов железа и связывания щелочи с ионами серы и карбонатов, ухудшения качества глинозема по оксидам железа.

На сегодняшний день на АО "Алюминий Казахстана" внедрены технологические схемы, разработаны аппараты, применены приемы, позволяющие перерабатывать свыше 43 % некондиционного красногорского боксита, что позволило увеличить выпуск глинозема до 1400 тыс. тонн в год, вместо проектных 1034 тыс. тонн.

Уникальность данной разработки заключается в том, что с железистыми песками уходят сидеритные, сульфидные, пиритные, гетитные, шамозитные составляющие боксита.

По схеме выделения железистых песков на стадии мокрого размола боксита производится его закручение, классификация полученной пульпы с последующим домолом песковой фракции и довыщелачиванием.

После разделения железистые пески промываются в реакторах колонного типа. Использование последних позволяет получить эффективную отмывку песков от

щелочи и сокращение расхода воды на промывку в 3 раза. Остаточное содержание щелочи в жидкой фазе колеблется в пределах 1,5–2 г/л Na₂O. Отмытый продукт, обогащенный вредными примесями, сбрасывается в отвал [39].

В результате сброса с песками ~50 % SO₃ от поступления с бокситом предупреждается образование Na₂SO₄ по реакции взаимодействия щелочи каустического раствора с соединениями серы, поступающими в систему с бокситом.

Образование оборотной соды (Na₂CO₃) за счет реакции взаимодействия карбонатов сидеритовой составляющей боксита с каустическим раствором приводит к потере каустической щелочи с одной стороны, и возникновению огромного возвратного потока по соде с другой, что нарушает щелочной баланс системы и делает невозможным компенсацию щелочи через спекание.

Достигнутые экологические выгоды

За счет сброса с песками ~40 % Fe₂O₃ от прихода с бокситом на 16 % уменьшились балластные потоки по байеровским и спекательным переделам.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

В результате сброса с песками 50–60 % CO₂ с карбонатсодержащими составляющими возникла реальная возможность поддержания щелочного баланса и увеличения производительности передела.

Кросс-медиа эффекты

Данная технология приводит к увеличению удельной нормы боксита.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Выполнение плана производства при снижении качества бокситового сырья. Экономия топлива и других материалов.

5.4.3.2. Применение аппаратов вертикального типа для промывки железистых песков

Описание

Разработка схемы вывода железистых песков потребовала коренных изменений на всем технологическом переделе "размол-выщелачивание". Были созданы аппараты, позволяющие выводить стабильные по составу железистые пески с минимальными потерями полезных компонентов.

Техническое описание

Использование для промывки железистых песков аппаратов вертикального типа, применение чувствительных датчиков для разгрузки песков, регулировка количества и

крупности песковой фракции системой гидроциклонов обеспечили высокое качество железистых песков и минимальные потери по щелочи.

Количество вредных примесей, удаляемых с песками, определяется крупностью помола песков. По результатам экспериментов выбрана предельная крупность (–2 +1 мм), обеспечивающая концентрирование примесей серы, карбонатов, железистых минералов по фракциям (таблица 5.2).

Таблица 5.2. Распределение компонентов в песках классификации, поступающих на ДОМОЛ

| № п/п | Класс крупности | Выход класса | Содержание, % | | | |
|-------|-----------------|--------------|-----------------|-----------------|--------------------------------|--------------------------------|
| | | | SO ₃ | CO ₂ | Fe ₂ O ₃ | AL ₂ O ₃ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | -2 +1 | 22,5 | 0,7 | 3,7 | 25,0 | 44,5 |
| 2 | -1 +0,63 | 16,8 | 0,55 | 3,5 | 28,0 | 43,6 |
| 3 | -0,63 +0,15 | 47,2 | 0,48 | 2,9 | 30,0 | 39,0 |
| 4 | -0,15 | 13,5 | 0,2 | 0,7 | 22,0 | 41,1 |

Кроме этого, указанная реконструкция мельниц привела к увеличению производительности передела на 30–40 % и позволила без ввода дополнительных мощностей увеличить его пропускную способность.

В таблице 5.3 приведены данные по ситовой характеристике и производительности мельниц до и после реконструкции узла.

Таблица 5.3. Ситовая характеристика и производительность мельниц

| № п/п | Наименование варианта | Крупность помола по содержанию фракций | | | | | | Произв. по сух., % | % вывода песков от 1 т боксита |
|-------|-----------------------|--|------|------|-------|-------|-------|--------------------|--------------------------------|
| | | +5 | +2,5 | +1 | +0,63 | +0,25 | -0,15 | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | До реконструкции | 1,0 | 1,0 | 8,0 | 6,0 | 14,0 | 70,0 | 100 | 8,0 |
| 2 | После реконструкции | 1,0 | 3,0 | 15,0 | 11,0 | 20,0 | 50,0 | 135 | 12,0 |

Схема вывода железистых песков со сбросом в отвал ~ 60 % примесей не только решила вопрос переработки красногорского боксита в байеровской ветви, но и позволила увеличить мощность завода по выпуску основной продукции за счет увеличения пропускной способности байеровского и спекательного переделов [40].

Достигнутые экологические выгоды

За счет сброса с песками ~40 % Fe_2O_3 от прихода с бокситом на 16 % уменьшились балластные потоки по байеровским и спекательным переделам.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

В результате сброса с песками 50–60 % CO_2 с карбонатсодержащими составляющими возникла реальная возможность поддержания щелочного баланса и увеличения производительности передела.

Кросс-медиа эффекты

Данная технология приводит к увеличению удельной нормы боксита.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Выполнение плана производства при снижении качества бокситового сырья. Экономия топлива и других материалов.

5.4.3.3. Фильтрация белого шлама для снижения рециркуляционных потоков каустической щелочи

Описание

Техника снижает количество каустической щелочи, содержащейся в жидкой фазе кека белого шлама, поступающего на участок подготовки шихты.

Техническое описание

При переработке красного шлама спеканием с бокситом операцию обескремнивания алюминатного раствора выводят в самостоятельный передел. Требуемая степень очистки алюминатных растворов от кремнезема определяется кремниевым модулем, то есть весовым отношением Al_2O_3 к SiO_2 [41].

Сущность операции обескремнивания заключается в связывании соединений кремния, присутствующих в растворах, в нерастворимое соединение $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 1,75\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, которое выпадает в осадок и называется белым шламом. Слив с трубчатых аппаратов поступает на узел автоклавного обескремнивания, после чего полученный алюминатный раствор направляется на сгущение белого шлама. Часть шлама со сгустителей поступает на фильтрацию белого шлама на фильтры ДОО-100 для разделения жидкой и твердой фазы белого шлама и перекачки твердой фазы на узел подготовки шихты, а часть на затравку в мешалки для обеспечения требуемых кремневых модулей в обескремненном растворе.

В фильтре ДОО-100 (предназначен для разделения компонентов белого шлама или содового раствора методом фильтрации) при вращении дисков под воздействием

вакуума фильтрат отводится из фильтра и откачивается в емкости и насосами в мешалки.

Твердая фаза задерживается на поверхности фильтровальной ткани и сбрасывается сжатым воздухом в бункер разгрузки, где репульпируется красным шламом, поступает мешалку кека, откуда пульпа через репульпатор насосами откачивается на участок приготовления шихты.

Достигнутые экологические выгоды

За счет снижения влажности белого шлама сокращается доля жидкости – количества алюминатного раствора, увлекаемое с белым шламом, являющейся рециркуляционной (балластной) составляющей и приводящей к дополнительной нагрузке на передел спекания шихты, расходу топлива и кальцинированной соды.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

В результате снижения рециркуляционной нагрузки на передел спекания шихты повышается извлечение Na_2O и Al_2O_3 из алюминатного раствора, снижается расход кальцинированной соды и Шубаркольского угля, подаваемого на печи спекания.

Кросс-медиа эффекты

Данная технология приводит к увеличению энергопотребления при фильтрации белого шлама и расходу фильтров тканей.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Выполнение плана производства, увеличение извлечения полезных компонентов спекательного передела. Экономия топлива и кальцинированной соды.

5.4.3.4. Технология восстановительного спекания глиноземсодержащих шихт для вывода оксидов серы

Описание

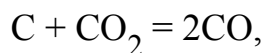
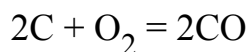
Техника позволяет перерабатывать высокожелезистый красный шлам от выщелачивания красногорского низкокачественного боксита и доизвлекать полезные компоненты Al_2O_3 и Na_2O из красного шлама гидрометаллургического цеха, возмещать потери каустической щелочи путем термической каустификации кальцинированной соды во вращающихся трубчатых печах.

Техническое описание

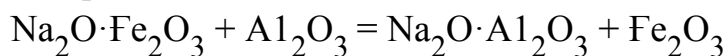
Шихта для печей спекания составляется из красного шлама, оборотной соды, белого шлама, свежей кальцинированной соды, боксито-известковой смеси и восстановителя. Применение восстановителя в шламо-известняковой шихте спекания является уникальным техническим решением, разработанным и внедренным на заводе.

Технические условия – минимальное содержание летучих фракций в горючей массе восстановителя [42].

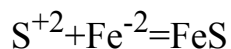
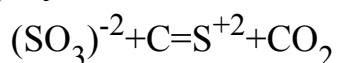
Механизм работы восстановителя заключается в следующем – в зоне спекания при температуре около 1000 °С восстановитель образует оксид углерода по одной из реакций:



который восстанавливает вытесненный оксид железа:



Есть еще один, кроме восстановления окиси железа, критерий нахождения оптимальной концентрации углерода в шихте – замечено, что концентрация восстановителя определяет долю нерастворимых форм сернистых соединений, образующих отвальный шлак по следующей схеме:



Появление заметной доли нерастворимых форм соединений серы, остающихся в шламе и откачиваемых на шламовое поле, не только способ очистки схемы завода от сернистых соединений, но и позитивный экологический фактор – заметная доля твердых выбросов сернистых соединений, не поступающих в дымовую трубу.

Спек – это кусковой материал с заданным химическим составом, полученный в результате спекания в трубчатых вращающихся печах, приготовленной из красного шлама ГМЦ, боксита, известняка, соды кальцинированной, угля-восстановителя. Химический состав спека, поступающего на участок гидрохимической переработки, представлен в таблице 5.4.

Таблица 5.4. Химический состав спека, %

| № п/п | Al ₂ O ₃ | Na ₂ O | Fe ₂ O ₃ | SiO ₂ | CaO | K ₂ O | SO ₃ | Cl |
|-------|--------------------------------|-------------------|--------------------------------|------------------|-----------|------------------|-----------------|----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | 18–23 | 15–16.5 | 17.8– 9,9 | 13,2– 4.1 | 25.6– 7.5 | 0,59– ,72 | 2,0– 2.95 | 0.20-0.5 |

Модуль силикатный – 1,90-2,10;

модуль глиноземный – 1,30-1,40.

Физические свойства спека:

насыпной вес – 1,4 ÷ 1,8 т/ м³;

плотность – 1,9 ÷ 2,1 т/ м³;

крупность – до 120 мм;

температура – не более 1200 °С.

Охлажденный спек дробится до крупности не более 8-10 мм и поступает на выщелачивание. Выщелачивание проводится в трубчатых выщелачивателях по противоточной схеме крепкой технологической водой. При выщелачивании спека в жидкую фазу переходят водорастворимые соединения алюминия, натрия.

Достигнутые экологические выгоды

Применение восстановительного спекания позволило принципиально перерабатывать низкокачественное и высокожелезистое бокситовое сырье Республики Казахстан. Данная техника сократила ввод известняка на образование ферритов кальция, что позволило снизить выбросы CO_2 от разложения CaCO_3 .

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Увеличилось количество вращающихся печей, сократились пуски и аварийные остановки вследствие зарастания печей и простоев на сбивку нароста. Снижение оксидов серы в отходящих газах.

Кросс-медиа эффекты

Техника должна обеспечить восстановительную атмосферу во вращающейся печи для обеспечения прохождения необходимых реакций. Техника требует ведение технологического режима с выдерживанием содержания кислорода в отходящих газах на уровне 2,0–2,5 %, что негативно сказывается на содержании CO в отходящих газах.

Технические соображения, касающиеся применимости

Техника, являющаяся принципиальной для развития производства глинозема и алюминия в Республике Казахстан.

Экономика

Увеличение производства глинозема с 1,0 млн тонн/год до 1,5 млн тонн/год.

Движущая сила внедрения

Выполнение плана производства, увеличение извлечения полезных компонентов спекательного передела. Экономия всех расходных материалов, поддержание себестоимости глинозема на уровне окупаемости.

5.4.3.5. Технология поддержания оптимальной крупности затравки для улучшения показателей по крупности продукционного гидрата

Описание

Технические решения направлены на улучшение качества продукции по крупности, которая регламентируется требованием к качеству глинозема. Особенно актуальным встал вопрос в связи с переработкой Красногорского сырья.

Техническое описание

Крупность получаемого гидроксида алюминия, а соответственно, и глинозема в течение всего периода работы изменяется по периодам длительностью $30 \div 60$ суток и с амплитудой колебаний, зависящей от различных факторов: состава растворов, температурного режима декомпозиции, затравочного отношения.

В периоды измельчения глинозем содержит мелкие фракции в количестве, превышающем допустимые значения. С переработкой Красногорского боксита амплитуда колебаний дисперсности стала еще круче, т. к. повышенное поступление органики с бокситом ускорило процессы естественного структурного превращения в растворах до оксалатов. Оксалатная органика, высаживаясь на гидратной мелочи, препятствовала естественному росту, способствуя тем самым удлинению периода измельчения.

Наряду со схемой выделения органики в виде оксалатов, укрупнению продукции способствовала разработанная схема регулирования крупности гидрата путем поддержания оптимальной крупности затравки. В процессе декомпозиции происходит циклическое укрупнение и измельчение гидроокиси алюминия, при этом в моменты измельчения содержание мелкого класса достигает 45 %, что приводит к браку по продукции. Разработанная схема регулирования крупности путем выдерживания постоянной скорости роста кристалла гидроксида в системе позволяет иметь ровный по дисперсному составу гидрат, отвечающий требованиям заводов-потребителей [43]. Результаты от внедрения схемы приведены на рисунке 5.2.

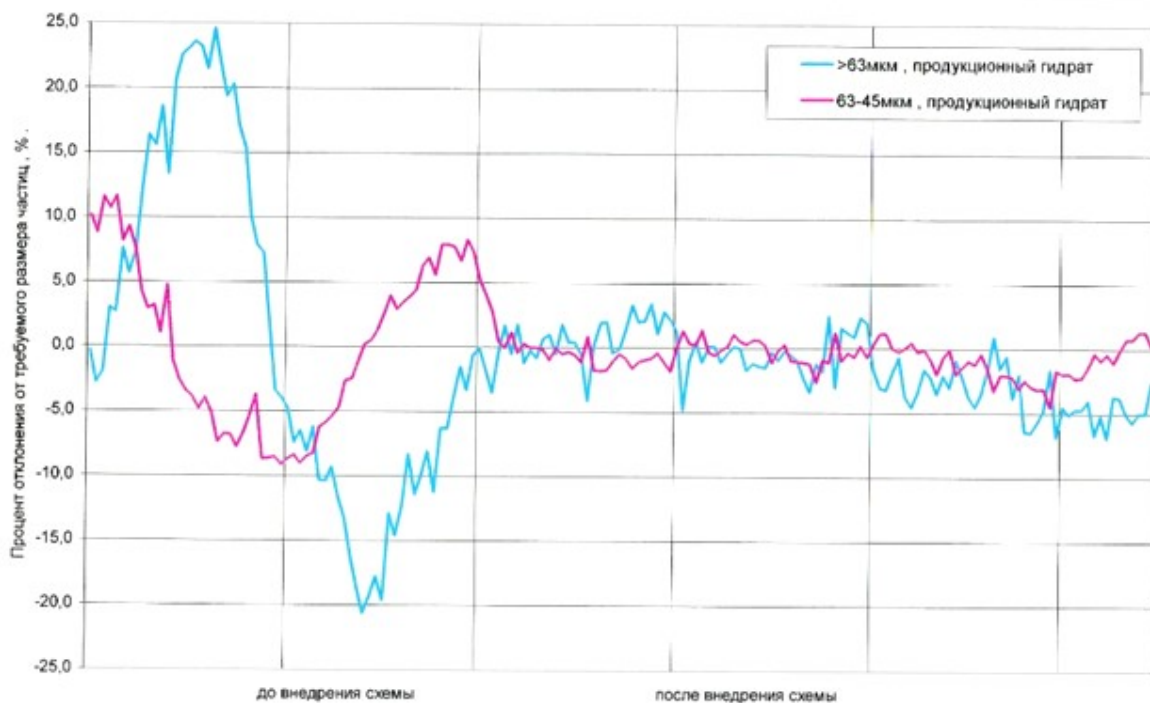


Рисунок 5.2. Стабилизация дисперсного состава гидрата

По данному способу регулирование размера частиц осуществляется путем поддержания в затравке оптимального грансостава. Схема стабилизации дисперсного состава гидрата защищена патентом на изобретение. Экономическая эффективность от внедрения схемы заключается в выпуске товарного глинозема требуемого дисперсного состава.

Для улучшения показателей по крупности производимого гидрата с дополнительным выведением органической составляющей разработана эффективная схема агломерации, где в качестве затравки используется наиболее мелкая часть гидроксида, полученная тонким разделением гидрата.

Результаты по укрупнению гидрата приведены в таблице 5.6.

Таблица 5.5. Результаты по укрупнению гидрата

| № п/п | Содержание фракции (-32) мкм в затравочном гидрате, % | Процент агломерации, % | Укрупнение системы по (-32) мкм, % |
|-------|---|------------------------|------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 42 | 23,8 | 7 |
| 2 | 60 | 62,7 | 18,4 |

Как следует из таблицы 5.5, тонкое разделение гидрата (содержание 32 мкм – 60 %) позволило укрупнить гидрат на 62 % отн., что в условиях наращивания мощности позволило не только сохранить, но и укрупнить продукцию, согласно требованиям потребителей.

Достигнутые экологические выгоды

Обеспечение качества продукции, снижение потребления энергии и расхода воздуха на перекачку и времени роста кристалла.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Увеличение крупности кристалла гидрата при фильтрации снижает влагу кека-гидрата, поступающего на кальцинацию во вращающихся печах, и увеличивает срок службы фильтровальной ткани. Снижение влаги приводит к уменьшению расхода мазута на прокалку гидрата.

Кросс-медиа эффекты

Не выявлены.

Технические соображения, касающиеся применимости

Техника, позволяющая соответствовать продукции согласно требованиям заказчика. Получение качества глинозема, соответствующая требованиям Г-00.

Экономика

Выдерживание контрактных обязательств всех партий глинозема – 1,5 млн тонн/год

Движущая сила внедрения

Выполнение плана производства, контрактные обязательства. Экономия всех расходных материалов, выдерживание себестоимости глинозема на уровне окупаемости.

5.5. НДТ, направленные на снижение негативного воздействия на атмосферный воздух

5.5.1. НДТ, направленные на предотвращение неорганизованных эмиссий в атмосферный воздух

5.5.1.1. Снижение выбросов при проведении буровых работ в карьерах и шахтах

5.5.1.1.1. Позиционирование буровых станков в реальном времени с применением системы контроля параметров высокоточного бурения

Техническое описание

Комплекс буровых работ включает в себя расчет и проектирование оптимальных параметров буровзрывных работ с учетом характеристик горных пород, расстановку буровых станков, бурение скважин. Бурение взрывных скважин осуществляется как станками производства ближнего зарубежья, так и высокотехнологичными буровыми станками импортного производства Atlas Copco: DML; DM-45.

Один из реальных путей устранения рисков выбросов пыли в атмосферу заключается в использовании систем точного управления и позиционирования буровых станков. В настоящее время известно применение спутникового (GPS/Глонасс) позиционирования буровых станков в карьере для повышения точности расположения взрывных скважин и более эффективного использования взрывчатых веществ. Системы спутникового позиционирования с использованием информации о текущей глубине бурения, скорости бурения, давлении в гидросистеме позволяют получать информацию об энергоемкости бурения горного массива в различных точках скважин. Необходимую информацию бортовой компьютер бурового станка получает по радиоканалу из диспетчерского центра. Информация об энергоемкости бурения с отдельных скважин через систему спутникового позиционирования обрабатывается и суммируется в общую трехмерную карту трудности бурения для облегчения работы при расчете и закладке взрывчатых веществ в скважины. Трудность бурения на такой карте отображается разными цветами, не измеряется в конкретных единицах, а отражает относительный энергетический показатель.

После выполнения бурения выполняется передача фактических координат скважин в режиме реального времени в системы планирования горных работ и имитационного моделирования взрывов для их дальнейшего использования при обсчете параметров зарядов в скважинах и проектировании схем их коммутации.

Достигнутые экологические выгоды

Использование систем точного позиционирования и управления работой буровых станков в итоге обеспечивает:

снижение выбросов в атмосферу оксида азота N_2O_3 , диоксида азота NO_2 и пыли неорганической, в том числе наиболее опасной для окружающей среды мелкодисперсной;

снижение перерасхода ВВ, дизельного топлива и бурового инструмента за счет более быстрой установки станка на место бурения очередной скважины и сокращения

времени на переезды между скважинами, снижения количества скважин повторного бурения; сокращение парка буровых станков для выполнения проектного объема бурения по карьере;

уменьшение объема образования отходов за счет снижения расхода долотьев и штанг на 1 метр бурения.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Учитывая, что бурение скважин является первоначальным этапом к подготовке взорванной горной массы, при эффективном управлении буровыми работами впоследствии достигаются следующие результаты – безопасность при массовом взрыве ; качество подготовленной горной массы, выраженное в полученном гранулометрическом составе горной массы, влияющем в дальнейшем на производительность погрузочно–транспортного оборудования; снижение негативного воздействия на окружающую среду.

Данная система состоит из:

интеллектуальной панели, установленной в кабине бурового станка, служащей для отображения проекта на буровые работы;

навигационного приемного оборудования;

датчиков определения осевого давления;

датчика определения скорости вращения;

датчиков определения угла наклона скважины;

наборов датчиков определения глубины бурения;

программного обеспечения для визуализации бурения.

Установленная система высокоточного позиционирования позволяет машинисту бурового станка с точностью определить местонахождение проектной скважины (погрешность до 10 см), произвести бурение в полном соответствии с проектом на буровые работы. Принимая во внимание возможность определения фактических координат устьев скважин, угла наклона скважин, а также положения скважин на уровне проектного горизонта, инженер по буровзрывным работам в режиме трехмерного моделирования определяет фактическую линию сопротивления по подошве, минимальное расстояние между скважинами по подошве уступа, в связи с чем производится расчет массы заряда взрывчатого вещества исходя из следующих условий: строгого соблюдения проектных решений; безопасного проведения взрывных работ (снижение разлета кусков породы и т.д.); качественного дробления массива; минимизации вредного влияния на окружающую среду.

Кросс-медиа эффекты

Капитальные затраты. Потребность в дополнительных объемах энергоресурсов.

Технические соображения, касающиеся применимости

Представленные методы (конструктивные и технические решения), являются общеприменимыми и могут использоваться как по отдельности, так и в совокупности.

Экономика

В настоящее время системы точного позиционирования и управления карьерными буровыми станками в основном представлены продукцией компаний: ProVision® Drill компании Modular Mining Systems, Inc. (США), КОБУС® компании Blast Maker (Кыргызстан), mineAPS® Drill компании Wenco Mining Systems (Канада).

Широкое применение автоматизированных систем управления горнотранспортным комплексом, основанных на технологиях спутниковой навигации, обусловлено их высокой эффективностью, достигаемой за счет повышения производительности оборудования на 15–25 %, при этом срок возврата инвестиций составляет от нескольких месяцев до полутора лет.

Мировой опыт компании Modular Mining Systems, Inc. по оснащению парка буровых станков системами точного позиционирования и управления в сочетании с использованием современных компьютерных систем проектирования БВР и имитационного моделирования взрывов значительно повышает экономическую эффективность буровзрывных работ и на 15 % снижает уровень финансовых затрат на БВР. Уменьшает выход негабаритов на 0,2–0,4 %, увеличивает удельный выход горной массы с 1 п.м. скважины.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

Повышение производительности и эффективности использования бурового станка, оптимизация процессов БВР, экономия материальных ресурсов.

5.5.1.1.2. Внедрение методов снижения пылеобразования с применением технической воды и различных активных средств для связывания пыли

Техническое описание

Распространенными способами борьбы с пылью при работе станков механического бурения являются: мокрый метод – пылеподавление воздушно–водяной смесью; пылеподавление воздушно–эмульсионными смесями (ПАВ) и сухой метод – сухое пылеулавливание. В зависимости от условий работы и применяемого оборудования эти методы могут использоваться в разных вариантах. Но общие принципы снижения запыленности, описанные в этом разделе, применимы для всех случаев бурения на карьерах, включая использование различных буровых установок.

Основным направлением снижения пылевыделения при работе станков шарошечного бурения в настоящее время является применение мокрых способов пылеподавления и пылеулавливающих установок, так как использование воды при пылеподавлении в технологическом процессе буровых работ самый эффективный и доступный способ снижения загрязнения атмосферного воздуха.

При сухом бурении снижение запыленности происходит без использования воды. Для улавливания пыли используют оборудование, находящееся на буровой установке у устья скважины. Такое оборудование может работать в разных климатических

условиях, и оно эффективно при низкой температуре. Конструкция пылеулавливающего оборудования может быть разной, и она зависит от размера буровой установки.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Воздушно-водяная смесь на ставках образуется при подаче воды в поток сжатого воздуха и распылении ее на мелкие капли. В призабойном пространстве смесь создает факел из капель, которые сталкиваются с пылевыми частицами (рисунок 5.3). Вихреобразование повышает вероятность столкновения пылевых частиц с каплями воды. Смачивание и коагуляция пыли продолжаются при движении продуктов бурения по затрубному пространству. Шлам от устья удаляется воздушным потоком, создаваемым вентилятором, который устанавливается на станке на расстоянии 1,1–1,5 м от скважины. Частицы, смоченные водой, выпадают из потока и оседают на поверхности уступа на некотором расстоянии от устья скважины. Подача воды контролируется оператором буровой установки из кабины, и в некоторых кабинах ставят расходомер для определения оптимального расхода воды. Для повышения смачивающих свойств воды можно использовать добавки поверхностно-активных веществ (ПАВ), которые снижают поверхностное натяжение воды, улучшают ее смачивающую способность и диспергирование. Измерения показали, что это позволяет снизить концентрацию пыли на 96 %.

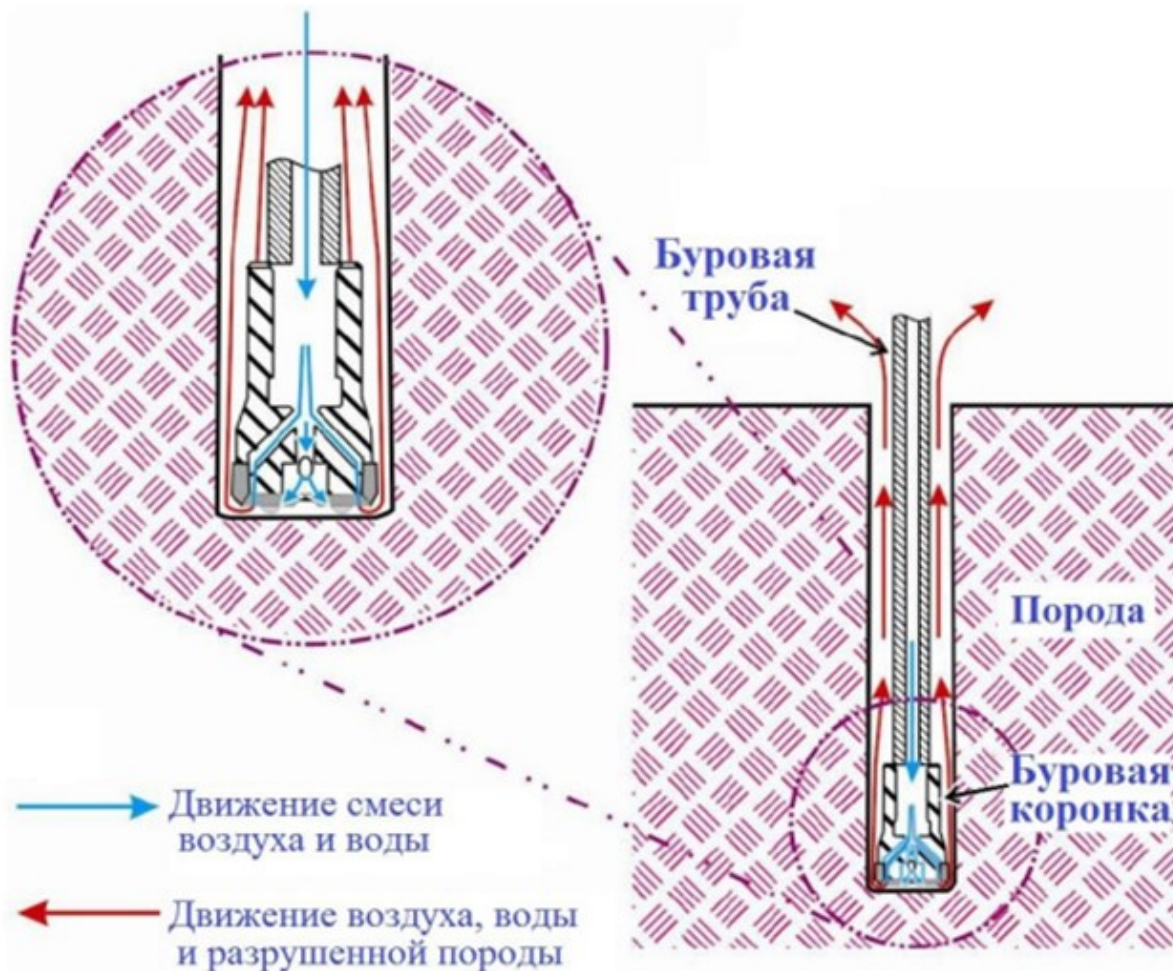


Рисунок 5.3. Движение воздушно-водяной смеси при мокром методе пылеподавления

Для эффективного снижения запыленности нужно, чтобы оператор следил за подачей воды. Расход воды при этом способе небольшой – обычно $0,4 \div 7,6$ л/мин, но он зависит от типа долота, горно-геологических условий и уровня влажности буримых пород. Например, экспериментальные измерения показали, что при увеличении расхода воды с $0,8$ до $2,4$ л/мин происходит значительное снижение запыленности. Но после того как в том конкретном случае проведения измерений расход достиг $3,8$ л/мин, возникли новые проблемы: наконечник долота стал засоряться, а буровая коронка – трудно вращать из-за того, что мокрый разрушенный материал стал слишком тяжелым для выдувания из скважины и засорять пространство между долотом и стенками скважины. Таким образом, подача слишком большого количества воды создает дополнительные проблемы, происходит снижение стойкости шарошечного долота (до 50 %) вследствие повышенного износа подшипников. Расход воды, которую нужно подавать, зависит от типа бурового инструмента и от свойств разрушаемого материала.

На основе результатов измерений и наблюдений мокрого метода бурения разработаны следующие рекомендации по его применению:

чтобы расход воды был близок к максимальному, оператор должен плавно увеличивать подачу воды до тех пор, пока не перестанет наблюдаться визуально заметный выброс пыли;

повышенная подача воды не приведет к значительному уменьшению запыленности, но скорее всего создаст эксплуатационные проблемы – ускоренное разрушение наконечника долота (при использовании трехшарошечного долота), возможное "заедание" бурового инструмента. А подача меньшего количества воды уменьшит эффективность пылеподавления;

важно увеличивать подачу воды постепенно, и с задержкой по времени (на тот период, который требуется для подъема воздушно–водяной смеси до устья скважины);

при бурении нужно непрерывно следить за расходом воды, чтобы ее подача была оптимальной для снижения запыленности, и не произошло засорение пространства между долотом, буровой штангой и скважиной;

используемая вода должна фильтроваться, чтобы грязь, содержащаяся в ней, не засорила систему мокрого пылеподавления;

при температуре воздуха меньше 0 °С во время бурения система должна подогреваться, а при длительных перерывах вода должна сливаться.

В большинстве буровых установок расположение емкости с водой вблизи двигателя и гидравлической системы оказывается достаточным для того, чтобы предотвратить замерзание во время работы, за исключением очень низкой температуры воздуха. Когда бурение не проводится, вода должна сливаться.

Бурение шпуров и скважин с промывкой водой (так называемое мокрое бурение) пока основное средство пылеподавления при буровых работах в подземных условиях. При мокром пылеподавлении вода используется для удаления разрушенной породы из скважины. Для промывки шпуров и скважин при бурении применяют два способа: осевую и боковую подачу воды. На рудниках ЮАР, Австралии, Канады, а также отечественных рудниках применяют преимущественно осевой способ.

На рисунке 5.4 показано, как вода подается через специальную водоподводящую трубку, расположенную по оси перфоратора, и затем поступает в канал буровой штанги. Выходя через отверстие в головке бура, вода омывает забой шпура и вытекает через канал скважины, унося разрушенную породу. Давление воды у перфораторов должно быть равно давлению воздуха, используемого для работы перфоратора, или на 0,5–1 ат ниже давления сжатого воздуха. Расход воды при бурении должен быть постоянным и составлять для ручных перфораторов не менее 3 л/мин. Эффективность данного способа 86–97 % в зависимости от вида бурения и схемы расположения скважин. Исследования также показали, что закачивание в скважину тумана из капель воды и пены также снижает концентрацию пыли на 91–96 %. Но небольшое относительное

снижение концентрации пыли по сравнению с традиционным мокрым бурением с использованием воды не окупает увеличение затрат при использовании данных способов.



Рисунок 5.4. Схема движения воды при мокром бурении скважин и шпуров ручными перфораторами

Сухое пылеулавливание предусматривает обычно в несколько стадий: улавливание крупной буровой мелочи, грубодисперсной и тонкодисперсной пыли (менее 10 мкм).

За время эксплуатации станков шарошечного и ударно-вращательного бурения было разработано несколько десятков одно-, двух-, трех- и четырехступенчатых пылеулавливающих установок, состоящих из узла отсоса запыленного воздуха от устья скважины (укрытия), пылеулавливающих аппаратов, вентилятора и системы воздухопроводов. По принципу улавливания пыли на последней ступени очистки они подразделяются на установки с гравитационными, инерционными, поглощающими и пористыми пылеуловителями. Пылеулавливающие установки могут включать как сухие, так и мокрые пылеуловители. На рисунке 5.5 показана типичная сухая пылеулавливающая система, используемая при бурении скважин различного диаметра. Пыль попадает в воздух при продувке скважины сжатым воздухом (для удаления разрушенной породы), который подается через полые буровые трубы к буровой коронке.

При нормальной работе разрушенная порода и пыль попадают в укрытие, которое закрывает место входа буровых труб в породу. А запыленный воздух удаляется из

укрытия, отсасывается и направляется в пылеуловитель. Вентиляционная система включает в себя вентилятор и рукавный фильтр, регенерация ткани в котором обычно осуществляется импульсной продувкой сжатым воздухом через определенные интервалы времени. При этом уловленная пыль сбрасывается в бункер пылеуловителя. Снижение концентрации пыли может достигать 95 % при исправном состоянии и правильном использовании.

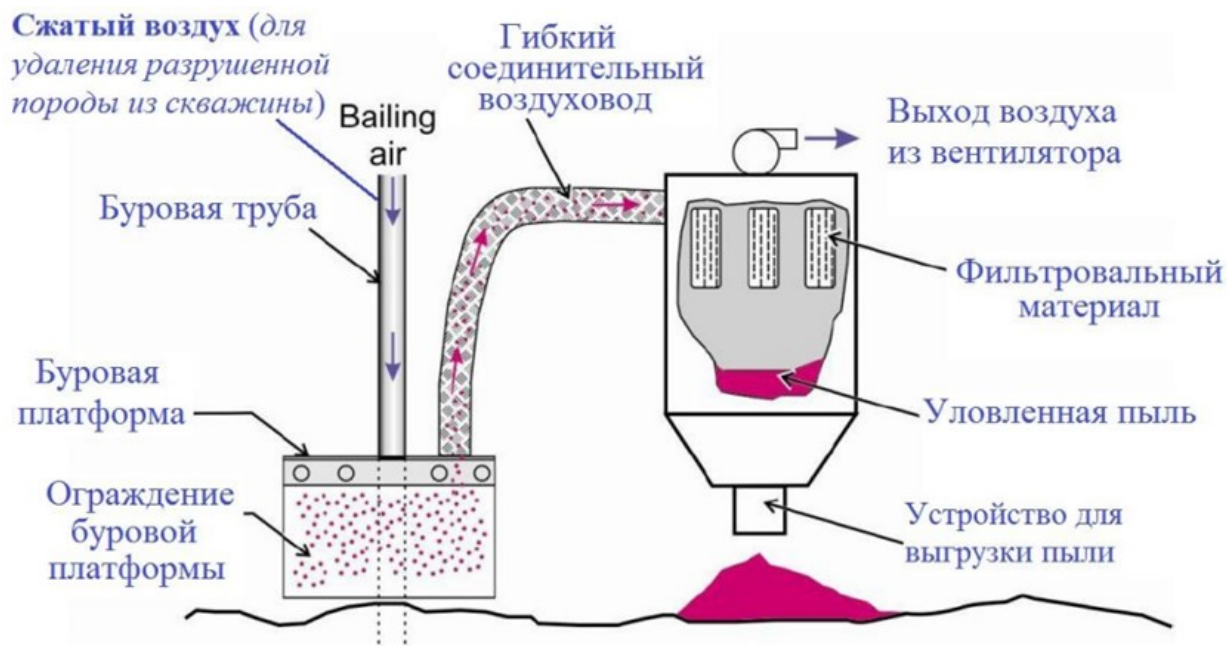


Рисунок 5.5. Схема пылеулавливающей установки

Для предотвращения выбросов пыли необходимо обеспечить оптимальное отношение расходов воздуха – отсасываемого вентиляционной системой и сжатого, подаваемого для удаления разрушенной породы. Обычно отношение расходов отсасываемого воздуха к подаваемому сжатому составляет до 3:1. Но при работе фильтров при обычной запыленности чаще всего встречается отношение 2:1. Установлено, что наибольшее снижение концентрации пыли получается при увеличении отношения расходов с 2:1 до 3:1, а при увеличении до 4:1 концентрация пыли становится еще ниже.

Кросс-медиа эффекты

Необходимость дополнительного использования водных ресурсов.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

Снижение негативного влияния на окружающую среду.

5.5.1.1.3. Оснащение буровой техники средствами эффективного пылеподавления и пылеулавливания

Техническое описание

При бурении поверхностных скважин большого и среднего размера с помощью буровых установок на гусеничном ходу можно эффективно уменьшить запыленность воздуха с помощью горизонтальных полок, влияющих на движение воздуха в укрытии. Использование таких полок может позволить снизить запыленность у любой большой буровой установки, минимальный размер укрытия которой не меньше 1,2 на 1,2 м. Полки шириной 15 см устанавливаются в укрытии по периметру ограждения. Они предназначены для уменьшения выноса пыли из укрытия во время работы буровой установки.

Достигнутые экологические выгоды

Оснащение буровой техники средствами эффективного пылеподавления и пылеулавливания позволяет снизить выбросы в атмосферу пыли неорганической, в том числе наиболее опасной для окружающей среды мелкодисперсной.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

При бурении и использовании обычного ограждения воздух движется в нем так, как показано на рисунке 5.6 слева, и он определяется движением продувочного воздуха и влиянием вытяжки. Продувочный воздух движется вверх от отверстия скважины через среднюю часть ограждения (на уровне полок), сохраняя направление движения вдоль буровой трубы к нижней поверхности буровой платформы. У нижней поверхности буровой платформы за счет эффекта Коанда (струя текущей жидкости или газа склонна "прилипать" к поверхности, с которой они встретились). Струя загрязненного воздуха выходит из скважины, движется вверх до площадки буровой платформы, расходится в стороны веером по нижней стороне площадки буровой платформы и по достижении ее краев движется вниз вдоль стенок ограждения. Все это движение происходит при большой скорости. Вынос пыли из укрытия в месте его контакта с поверхностью уступа происходит при столкновении потока воздуха с ней и последующего вытекания из укрытия через зазор между ограждением и землей.

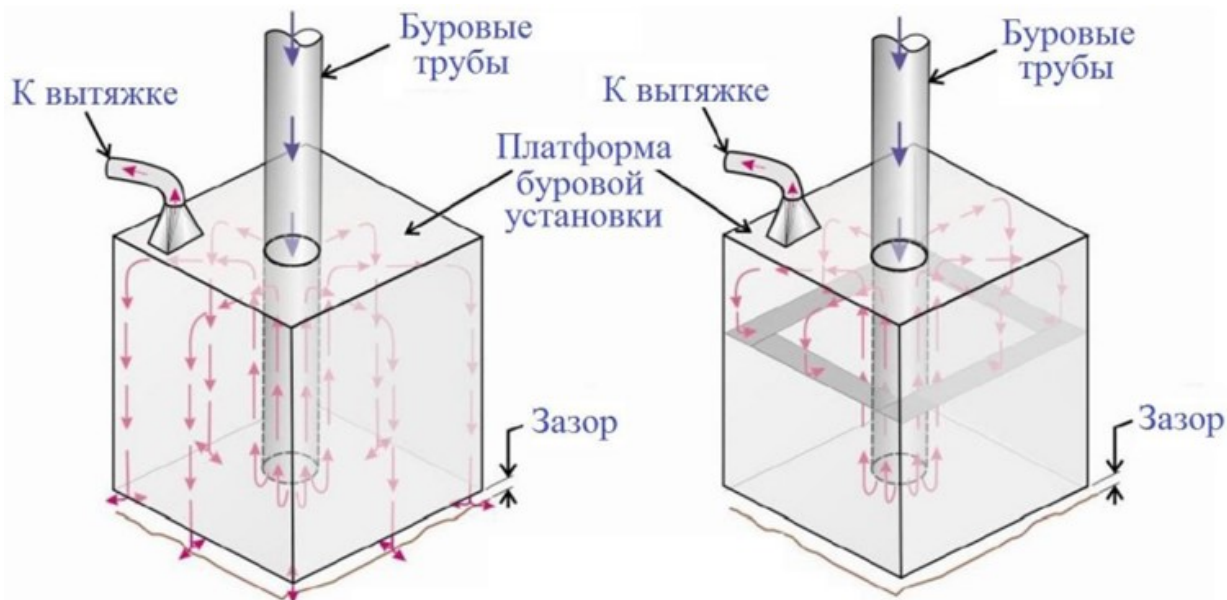


Рисунок 5.6. Модель движения воздушно-пылевой смеси в укрытии при использовании полок

Полка шириной 15 см, установленная по периметру ограждения, нарушает описанный выше характер движения воздуха. Она перенаправляет поток воздуха к центру укрытия так, что поток загрязненного воздуха не сталкивается с поверхностью земли (рисунок 5.6, справа). Такое изменение направления движения загрязненного воздуха уменьшает его вытекание из-под укрытия наружу.

Полки, установленные на буровой установке при проведении испытаний, сделаны из полос конвейерной ленты шириной 15 см, и закреплены болтами на металлических уголках размером 5 см. Эти уголки прикреплены болтами к ограждению укрытия по его периметру. Для полной герметизации внутреннего пространства добавлена дверца (кусочек резины), закрывающая отверстие для доступа к внутреннему пространству извне. Полки установлены примерно посередине (по вертикали) между верхней частью ограждения и поверхностью земли. Измерения в производственных условиях во время работы буровой установки показали, что при использовании данного способа концентрация пыли уменьшается на 66–81 %.

Кросс-медиа эффекты

Выгрузка уловленной пыли из пылеуловителя дает до 40 % от всей запыленности техники.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

Трудозатраты на изготовление и установку полок ограждения.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства. Снижение выбросов неорганической пыли.

5.5.1.2. Снижение выбросов при проведении взрывных работ на карьерах

Описание

Методы, техники или их совокупность для предотвращения неорганизованных выбросов при проведении взрывных работ.

Массовый взрыв на разрезе (карьере) является мощным периодическим источником выброса в атмосферу большого количества пыли и газов. Вредные примеси выделяются в атмосферу в виде пылегазового облака. Часть вредных газов (около одной трети) остается во взорванной горной массе и затем выделяется в атмосферу, загрязняя район взорванного блока и прилегающие к нему участки. Выделившаяся пыль, выпадая из пылегазового облака, оседает на уступах, площадях около разреза (карьера) и в близлежащих поселках, являясь в дальнейшем источником пыления.

Техническое описание

Интенсивность пылегазообразования при ведении взрывных работ на карьерах и шахтах зависит от многих факторов, к основным из которых следует отнести физико–механические свойства горных пород и их обводненность, ассортимент применяемых ВВ, типы используемых забоечных материалов, методы взрывания (на подобранный откос уступа или в зажатой среде), время производства массового взрыва, метеоусловия на момент массового взрыва и др.

Большое влияние на выбор способов и средств пылеулавливания и пылеподавления оказывают свойства пыли: плотность частиц, их дисперсность, адгезионные свойства, сыпучесть пыли, смачиваемость, абразивность, гигроскопичность и растворимость частиц, электрические и электромагнитные свойства, способность пыли к самовозгоранию и образованию взрывоопасных смесей с воздухом.

Сокращение пылегазовыделения при взрывных работах осуществляется за счет технологических, организационных и инженерно–технических мероприятий.

К технологическим мероприятиям относятся:

- уменьшение количества взрывов путем укрупнения взрывных блоков;
- использование в качестве ВВ простейших и эмульсионных составов с нулевым или близким к нему кислородным балансом;
- частичное взрывание на "подпорную стенку" в зажиме.

К организационным мероприятиям относятся:

внедрение компьютерных технологий моделирования и проектирования рациональных параметров буровзрывных работ;

проведение взрывных работ в оптимальный временной период с учетом метеоусловий;

использование рациональных типов забоечных материалов, конструкций скважинных зарядов и схем инициирования.

Инженерно–техническими мероприятиями являются:

орошение взрываемого блока и зоны выпадения пыли из пылегазового облака водой, пылесмачивающими добавками и экологически безопасными реагентами;

применение установок локализации пыли и пылегазового облака;

применение технологий гидрообеспыливания (гидрозабойка взрывных скважин и шпуров, укладка над скважинами емкостей с водой);

проветривание горных выработок;

использование зарядных машин с датчиками контроля подачи взрывчатых веществ;

использование естественной обводненности горных пород и взрывааемых скважин;

использование неэлектрических систем инициирования для ведения взрывных работ в подземных условиях.

Достигнутые экологические выгоды

Использование перечисленных техник как по отдельности, так и в совокупности позволяет достигнуть значительного снижения выбросов в атмосферу пыли неорганической и уменьшить объемы выбросов оксида азота N_2O_3 , диоксида азота NO_2 и оксида углерода CO , снизить перерасход ВВ, дизельного топлива и бурового инструмента, уменьшить объем образования отходов.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

К технологическим мероприятиям относят способы управления действием взрыва. Высокая интенсивность пылегазообразования при взрывных работах обусловлена тем, что энергия ВВ, как правило, расходуется нерационально. При обычном взрывании лишь 6-7 % потенциальной энергии ВВ расходуется на отрыв и дробление горной массы. Отмечается сильное проявление бризантного действия ВВ, сопровождающееся глубоким дисперсионным изменением больших по размерам зон разрушаемого массива, которые являются мощными очагами пылеобразования. Недоиспользование энергии взрыва сопровождается неполным сгоранием ВВ и, как следствие, образованием большого объема газов. Сущность управления действием взрыва сводится к увеличению используемой доли потенциальной энергии взрыва ВВ. Эта цель достигается увеличением времени действия на массив и направлением сил взрыва на выполнение полезной работы. К этим мероприятиям относят:

1. Уменьшение количества взрывов путем укрупнения взрывных блоков, например, за счет взрывания высоких уступов (от 30 м и более), что способствует уменьшению в 1,25 раза высоты пылегазового облака и уменьшению образования оксидов азота. Впервые взрывание высоких уступов в зажатой среде в условиях железорудных карьеров Кривбасса было осуществлено на ЦГОКе и ЮГОКе. Впоследствии оно было внедрено и на других горно-обогатительных комбинатах бассейна. Переход на взрывание высоких уступов, как показала практика расконсервации юго-западного борта карьера "Мурунтау", ведет к уменьшению на 15–20 % количества окислов азота,

выбрасываемых в атмосферу. Увеличение в этом случае степени полезного использования энергии взрыва способствует уменьшению зоны переизмельчения (пластических деформаций) и, как следствие, снижению высоты пылегазового облака, т. е. количества выбрасываемой пыли. Высота подъема пылегазового облака зафиксирована в 1,2 раза меньшей по сравнению с методом взрывания 10–15-метровыми уступами. Концентрация пыли в атмосфере карьера при взрывании 10–15-метровыми уступами составила 3300 мг/м^3 , а при взрывании тех же пород 20–30-метровыми уступами – снизилась в 1,3–1,4 раза.

2. Применение взрывчатых веществ с нулевым или близким к нему кислородным балансом (граммонит, игданит и др.), что будет способствовать уменьшению (до 2-9 раз) количества образующихся вредных газов при взрывах в любых горнотехнических условиях. В частности, экспериментальными замерами установлено, что при взрывании простейших (игданит и т.п.) и эмульсионных взрывчатых веществ происходит значительно меньшее загрязнение окружающей среды, чем при взрывании промышленных тротилосодержащих ВВ. Так, например, при взрыве 1 кг гранулолола в атмосферу карьера выделяется порядка 200 л, а при взрыве 1 кг граммонита 79/21 – порядка 100–140 л ядовитых газов в пересчете на условную окись углерода. Аналогичным образом объем ядовитых газов при взрывании простейших и эмульсионных ВВ оказывается значительно меньшим и составляет 30–50 л/кг.

3. Взрывание на необработанную горную массу, т. е. на подпорную стенку из ранее разрушенной горной массы. При взрывании в зажатой среде процесс трещинообразования происходит более равномерно по всему массиву, так как трещины, расположенные вблизи заряда, полностью не раскрываются и практически не препятствуют распространению поля напряжений к удаленным точкам.

Ширина подпорной стенки должна быть не менее 20 м. При ширине подпорной стенки до 20–30 м резко сокращается или вообще не образуется вторичное пылегазовое облако (отсутствие пылевыделения со стороны развала) и на 2–3 ч после взрыва на нижней отметке взорванного уступа сокращается время снижения концентрации СО до предельно допустимого уровня.

Таблица 5.6. Влияние подпорной стенки на показатели взрывания пород

| № п/п | Крепость пород, f | Ширина подпорной, м | Ширина развала, м | Процентное содержание фракций с размером куска, мм | | |
|-------|-------------------|---------------------|-------------------|--|---------|----------|
| | | | | <200 | 201–400 | 400> 400 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 13–15 | 0 | 35–40 | 66,0 | 13,3 | 20,7 |
| 2 | | 15–20 | 17–19,5 | 70,5 | 19,8 | 9,7 |
| 3 | 12–14 | 20–30 | 6–15 | 72,1 | 18,3 | 9,6 |
| 4 | 10–12 | 30–35 | 0–5 | 75,3 | 16,5 | 8,2 |

В условиях одного самых крупных в мире золоторудных карьеров "Мурунтау" были проведены экспериментальные взрывы по установлению влияния условий взрывания (в зажатой среде и на свободную поверхность уступа) на объем пылегазового облака. Для фиксации процесса формирования облака во времени была использована скоростная киносъемка.

Взрываемые породы были представлены кварцево-слюдистыми сланцами крепостью $f=9-10$. Половина блока взрывалась на подобранный забой, другая часть – подпор из ранее взорванной горной массы. Объем экспериментального блока составил 115 тыс. м³, сетка скважин – 7х7 м, средняя высота уступа – 10,5 м, перебур – 2 м, в качестве ВВ применялся гранулит С-6М. Схема взрывания – диагональная с интервалом замедления между рядами 35 мс.

Расшифровка данных кинограмм показала, что формирование пылегазового облака на участке блока с подобранным забоем уступа закончилась к 5-й секунде. При этом формирование облака наблюдается не только за счет выбросов из верхней части площадки уступа, но и за счет взметывания пыли с нижнего горизонта под действием газов взрыва, прорвавшихся из откоса уступа и формирования развала из пород бокового откоса уступа. Высота подъема пылегазового облака в этом случае составила 320 м, его объем – 3.8 млн м³. На участке взрываемого блока в зажатой среде формирование облака закончилось за 3 с, высота его подъема была равна 280 м, а объем – 2.6 млн м³. Снижение объема пылегазового облака произошло за счет отсутствия выбросов пыли из боковой поверхности уступа, а также падений кусков породы на его нижнюю площадку.

При взрывании в зажатой среде уступов различной высоты данными скоростной киносъемки установлено отсутствие пылеобразования, как правило, в направлении формирования развала взорванных пород, что снижает объем пылегазового облака на 30–35 %.

Экспериментальными замерами установлено, что концентрация пылевидных частиц в момент массового взрыва изменяется во времени следующим образом: в начальный момент взрыва на карьере достигает значений – 2500 мг/м³, через 30 мин – 850 мг/м³. Содержание пылевых частиц размером до 1,4 мкм на расстоянии до 100 м от взрываемого блока составляет 56 %, а размером более 60 мкм – только 2,3 %. На расстоянии 500 м от взрываемого блока содержание частиц пыли до 1,4 мкм составляет более 84 %, а частиц крупнее 60 мкм – 0,3 %. Это обусловлено тем, что под действием сил гравитации крупные фракции из облака осаждаются на поверхность уступа в более ближней от места взрыва зоне [30].

Организационные мероприятия включают:

1. Внедрение компьютерных технологий моделирования и проектирования рациональных параметров буровзрывных работ. Данные программные комплексы позволяют решать следующие задачи:

проектирование буровзрывных работ, включающее в себя расчет необходимых параметров БВР (массы скважинного заряда, конструкции заряда, расстояния между скважинами в ряду и рядами скважин и т. д.);

прогнозировать траекторию разлета и развала горной массы;

прогнозировать гранулометрический состав взорванной горной массы при проектировании, сравнивать с фактическим результатом, и производить дальнейшую корректировку параметров БВР;

прогнозировать скорость смещения грунта в основании охраняемых объектов;

производить отслеживание смещения пород при производстве взрывных работ на карьерах.

2. Перенос времени взрыва на период максимальной ветровой активности, что способствует сокращению времени проветривания карьеров на 15–20 %. Практика показывает, что производство массового взрыва в карьере предпочтительно производить в период максимальной ветровой активности. Для условий карьера "Мурунтау" этот период приходится на временной промежуток между 12–13 часами дня. Однако по технологическим условиям, ограничениям и производственной необходимости время выполнения взрывных работ в карьере назначено на 16 часов. В связи с этим использование только этого резерва должно уменьшить по предварительным подсчетам запыленность атмосферы карьера после производства массовых взрывов в среднем на 15–20 %. Рассеивание же пылегазового облака при этом нужно осуществлять вентиляционными установками, создающими свободные водовоздушные струи, которые обеспечивают интенсификацию процесса газовой выделения с одновременным подавлением пыли.

3. Использование забоечного материала с минимальным удельным пылеобразованием (например, замена шламов хвостохранилищ, буровой мелочи и т. п. на мелкую щебенку или песчаноглинистую забойку, что способствует сокращению пылевыведения). Использование инертной забойки скважин не менее 16 %. Добавка различных нейтрализаторов в забоечный материал. К ним относится известь-пушонка и неочищенная соль, обеспечивающие снижение образования ядовитых газов.

Инженерно-технические мероприятия включают:

1. Для связывания пылевидных частиц предлагается производить обработку поверхности взрываемого блока химическими реагентами (спиртовая барда, растворы поверхностно-активных веществ и др.) и орошение зоны выпадания пыли из пылегазового облака водой или пылесмачивающими добавками из расчета 10 л воды на 1 м² площади орошения [44]. В этом случае на поверхности блока образовывается "

корка" толщиной 20–30 мм, которая коагулирует пылевидные частицы и тем самым предотвращает их попадание в атмосферу при взрыве. Эти данные подтверждаются данными киносъемок и замерами концентрации пыли после производства взрывов на карьере "Мурунтау". В частности, уменьшается на 25–30 % выброс пыли в атмосферу карьера, на 15–20 % снижается высота подъема пылегазового облака. Зону орошения рекомендуется устраивать на расстоянии 50–60 м от границы взрываемого блока. Более точно расстояние от границы взрываемого блока (м), на котором выделяется пыль за счет взметывания ударной волной, находится расчетным способом. Кроме орошения водой взрываемый блок и прилегающие к нему участки покрывают пеной с использованием пеногенераторов. Толщина слоя пены на горизонтальных поверхностях составляет около 1 м на откосах 0,4–0,6 м [45].

2. Подавление пыли, выделившейся в атмосферу карьера с пылегазовым облаком, можно осуществить с помощью гидрозавес, создаваемых вентиляторами-оросителями, дальнеструйных установок, установками импульсного дождевания и другими установками пылеподавления [44]. Этот способ заключается в том, что в воздушную струю, создаваемую установками искусственного проветривания, вводится вода, которая воздушным потоком разбивается на мелкие капли. При этом создается как бы объемный фильтр, в котором мелкие капли воды, соударяясь с витающими в воздухе пылинками, утяжеляют последние и падают вместе с ними на взорванную горную массу или площадки и откосы карьера. Воздушное пространство обрабатывают до взрыва, в момент и после взрыва. Эксперименты в промышленных условиях показали, что благодаря предварительной обработке воздуха над местом массового взрыва образуется зона инверсии, которая препятствует выходу пылегазового облака за пределы карьера. При последующей работе вентиляторов-оросителей в течение 35–40 мин возможно полностью устранить опасное загрязнение пылью. Эффективность пылеподавления при использовании достигает 70–80 % [31].

Наряду с орошением осуществляется местное искусственное проветривание участков, прилегающих к взорванному блоку, что позволяет помимо пыли снизить концентрацию вредных газов, скопившихся в застойных зонах. Сокращение времени проветривания взорванных блоков возможно при интенсификации процесса газовыделения из развала горной массы. Для этого следует осуществить полив горной массы через 1–2 ч после взрыва с расходом 50 л/м^3 (кроме руд и пород с примесью глинистых частиц). Полив горной массы позволяет интенсифицировать процесс газовыделения на 25–40 % [45].

Пылеподавление взвешенной в атмосфере горных выработок пыли осуществляют путем орошения водой и растворами с использованием различных технических средств : вентиляторов-оросителей, гидроионаторов, передвижных оросительных установок на пневмо- и рельсовом ходу. Также пылеподавление в рудничной атмосфере шахты

можно осуществить использованием генератора водяного тумана для снижения запыленности в забое при проведении взрывных работ. Использование такого способа показано на рисунке 5.7. Для работы генератора тумана используют сжатый воздух и воду, пропуская их через сопло. Форсунка устанавливается на расстоянии около 30 м от забоя, и подача тумана начинается перед взрывом, а прекращается через 20–30 минут после взрыва. Данный способ позволяет достаточно эффективно снижать концентрацию пыли в подземных условиях.

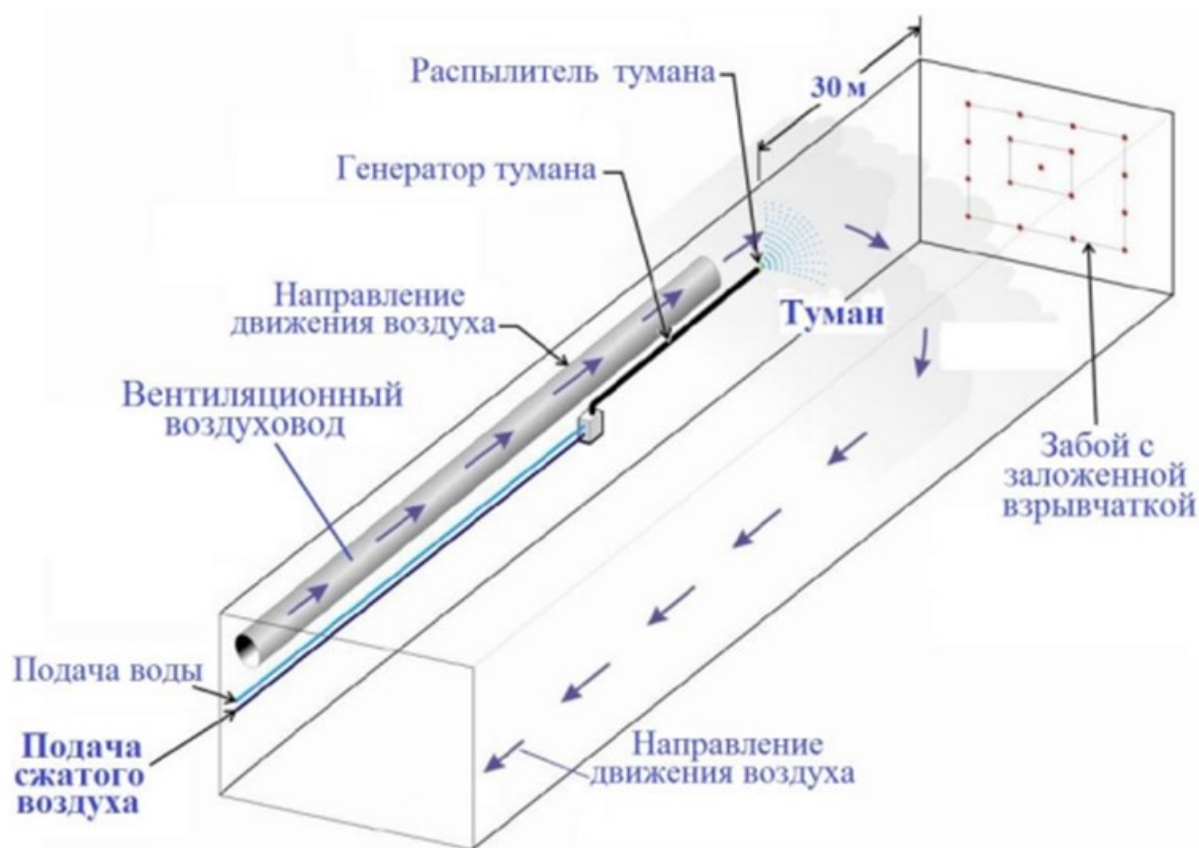


Рисунок 5.7. Генератор тумана, используемый для снижения пыли в забое

Другой способ уменьшения запыленности при проведении подземных взрывов, который стал использоваться позднее других – фильтрация загрязненного воздуха, удаляемого вентиляцией (рисунок 5.8).

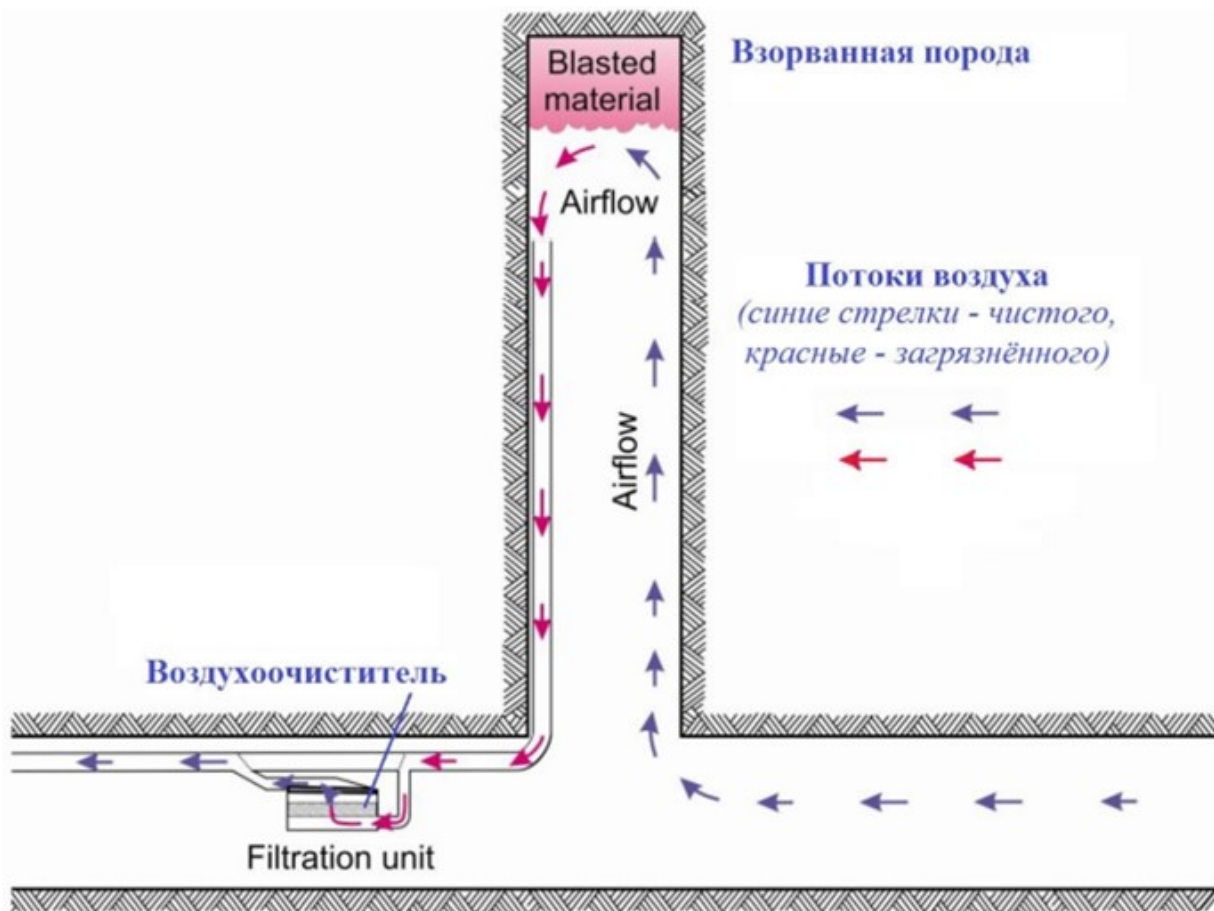


Рисунок 5.8. Воздухоочистительная установка, размещенная на сопряжении у устья выработки по ходу вентиляционной струи

Одна из таких вентиляционных установок, используемых на подземном руднике в ЮАР, включает в себя противоаэрозольный фильтр (для улавливания пыли) и слой сорбента из вермикулита, обработанного карбонатом натрия и калия (для улавливания соединений азота).

На рисунке 5.9 показан другой метод. Фильтры располагаются вне вентиляционной системы на расстоянии 30 м от груди забоя и форсунка распыляет воду на них (направление распыления совпадает с направлением движения воздуха). Эти фильтры используются только во время взрыва, и диаметр воздуховода, в котором они располагаются, примерно в 2 раза больше диаметра вентиляционной трубы системы. Сравнительно недавно для тех же целей стали использовать сухие фильтры.

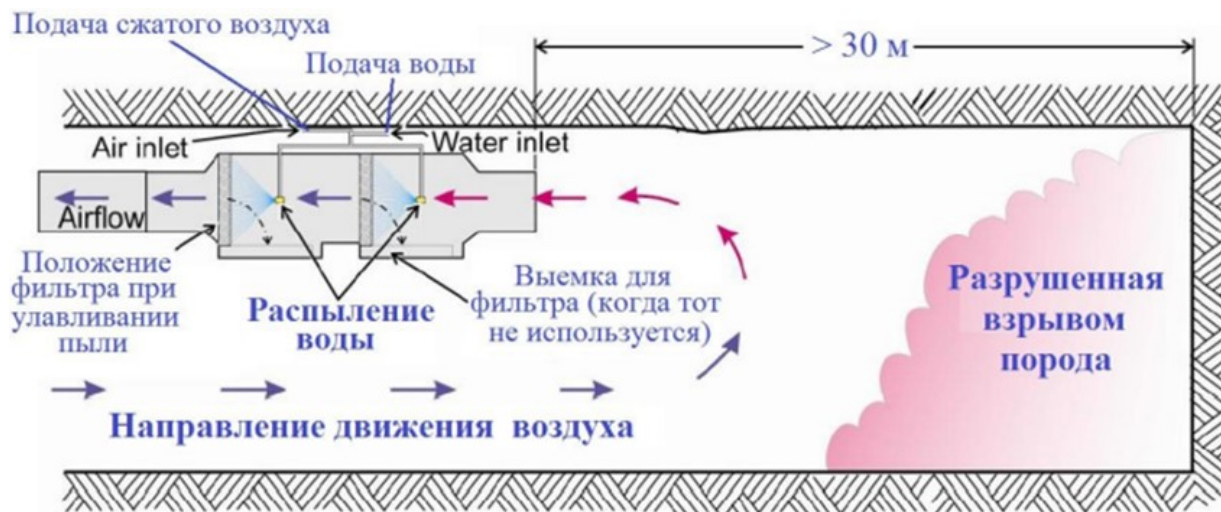


Рисунок 5.9. Воздухоочистительная установка, размещенная в забое выработки

Применение водяной забойки (гидрозабойки) включает три ее разновидности: внешнюю, внутреннюю и комбинированную.

1. Процесс выполнения внешней гидрозабойки включает размещение над устьями скважин полиэтиленовых рукавов с водой диаметром 900 мм и более. Толщина полиэтиленовой пленки должна быть не менее 0,1 мм. Наполнение рукавов водой осуществляется с помощью поливочной машины, оборудованной гидронасосом. Высота слоя воды в уложенном рукаве составляет 200–230 мм. Каждая емкость взрывается специальным зарядом на несколько миллисекунд раньше основного заряда. При расходе воды $0,001\text{--}0,0015 \text{ м}^3/\text{м}^3$ горной массы концентрация пыли в пылегазовом облаке сокращается на 20–30 %, а количество образующихся окислов азота уменьшается в 1,5–2 раза.

2. Внутренняя гидрозабойка скважин представляет собой полиэтиленовый рукав, диаметр которого на 15 мм больше, чем диаметр скважины и длиной на всю ее неактивную часть. Такая конструкция позволяет снизить боковые напряжения на полиэтиленовый рукав. Толщина полиэтиленовой пленки должна быть не менее 0,2 мм. Для большей надежности следует применять полиэтиленовую пленку толщиной до 0,4 мм. Расход воды $0,0009\text{--}0,001 \text{ м}^3/\text{м}^3$ горной массы. Внутренняя водяная забойка шпуров осуществляется помещением в них специальных ампул, наполненных водой или гелем. При подземной добыче использование таких емкостей уменьшает концентрацию пыли на 40–60 %.

3. Комбинированная гидрозабойка представляет объединение внешней и внутренней гидрозабойки скважин.

Эффективность гидрообеспыливания при взрыве заряда массой до 300 кг с помощью внешней гидрозабойки – 53 % (удельный расход воды $1,38 \text{ кг}/\text{м}^3$ горной массы), внутренней – 84,7 % (удельный расход воды $0,78 \text{ кг}/\text{м}^3$), комбинированной –

89,4 % (удельный расход воды 1,04 кг/м³). При взрыве зарядов массой 450–620 кг эффективность внутренней гидрозабойки составляет 50,4 % (расход воды 0,46 кг/м³) [45].

Сокращение пылевыделения в процессе взрыва возможно также за счет применения гидрогеля для внутренней гидрозабойки скважин. Гидрогель включает аммиачную селитру – 4 %, жидкое стекло – 8 %; синтетические жирные кислоты – 2 %, воду – 86 % . Для получения гидрогеля используется специальная установка. С целью повышения эффективности пылегазоподавления, снижения стоимости гидрогеля и предотвращения взаимодействия его с ВВ в состав гидрогеля вводятся добавки минеральных солей, смоленных синтетических жирных кислот и парафина. Гидрогель изготавливают на специальном заправочном пункте или непосредственно в баках машины, предназначенной для заполнения скважин гидрогелем. Заправочный пункт – это стационарное сооружение, состоящее из двух бункеров с дозаторами и устройствами для подачи воды и гелеобразующих компонентов. Эффективность гидрогелевой забойки при ее высоте 2–4 м достигает 34–54 %.

В зимний период следует применять в качестве гидрозабойки водные растворы солей NaCl и CaCl₂. В таблице 5.7 приведены рекомендации по расходу данных солей.

Таблица 5.7. Расход солей для гидрозабойки при отрицательных температурах воздуха

| № п/п | Соль | Количество соли (г) на 1 кг воды, для температур, °С | | | | | | | |
|-------|-------------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | –5 | –10 | –15 | –20 | –25 | –30 | –40 | –50 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | NaCl | 84 | 160 | 230 | 390 | – | – | – | – |
| 2 | CaCl ₂ | 100 | 170 | 220 | 271 | 310 | 340 | 380 | 415 |

Применение гидрозабойки затруднено в период отрицательных температур. В этих условиях возможно в качестве забоечного материала использовать снежно-ледяную забойку.

Наиболее распространенный способ уменьшения концентрации пыли и газов в шахтах при проведении взрывных работ – их рассеивание и удаление вентиляционной струей или разубоживание в рудничной атмосфере. При производстве подземных горных работ и выдаче воздуха вентиляционным стволом на частицах пыли конденсируется влага, что способствует при движении газопылевого потока укрупнению частиц пыли и ее осаждению. Особенно сильно такое обеспыливание происходит при снижении температуры воздуха, когда на частицах пыли происходит конденсация паров воды с дальнейшей их коагуляцией и осаждением в центробежном циклоне. В процессе прохождения струи воздуха на подъем по стволу температура воздуха снижается на 0,9 °С при каждых 100 м. Соответственно, относительная

влажность растет, в стволе возникает точка росы, и влага (каплями и туманом), захватывая пыль, копулирует ее. Увеличиваясь в массе, аэрозоль выпадает в зумпф, откуда по системе водоотлива удаляется из рудника. Таким образом наибольшим пылеочистным эффектом будет обладать глубокий ствол или шурф при высокой скорости воздуха и высоком влагосодержании воздуха (содержании как водяных паров, так и капельножидкой влаги). Пыль целиком локализуется внутри общешахтного пространства. Объясняется этот процесс адиабатическим расширением объема воздуха при выходе из глубины на дневную поверхность.

В настоящее время для механизации и оптимизации взрывных работ широко применяются смесительно-зарядные машины, предназначенные для отдельной транспортировки к местам производства взрывных работ невзрывчатых компонентов (эмульсии, аммиачной селитры, дизельного топлива и газогенерирующей добавки, загружаемых на заводе изготовления эмульсии или на стационарном пункте), изготовления из них в месте производства взрывов (карьеры, стройплощадки) промышленных ВВ и механизированного заряжения ими сухих и обводненных скважин диаметром не менее 90 мм при температуре окружающей среды от -40°C до $+40^{\circ}\text{C}$. Технология заряжения для СЗМ выглядит следующим образом. После опускания зарядного шланга в скважину включаются насосы, дозирующие эмульсию и газогенерирующую добавку, перемешивание которых осуществляется при прохождении через статический смеситель. Далее поток через барабан шлангоизвлекателя направляется по зарядному шлангу в скважину. При этом для снижения сопротивления перемещению ЭВВ по зарядному шлангу после статического смесителя перед входом в барабан в тракт подачи при помощи насоса впрыскивается раствор водяного орошения (или горячая вода), выполняющий роль смазки. Для обеспечения сплошности колонки заряда необходимо синхронизировать производительность эмульсионного насоса, подающего ЭВВ в скважину, и скорость подъема зарядного шланга. При изготовлении в СЗМ смесевых ЭВВ в шнек, дозирующий аммиачную селитру, при помощи насоса через форсунки подается дизельное топливо, после чего АСДТ (смесь аммиачной селитры с дизельным топливом) в смесительном шнеке перемешивается с эмульсией, вышедшей из статического смесителя. Смесь АСДТ закачивается при помощи насоса в скважину по зарядному шлангу "под столб воды", либо подается в нее сверху при помощи подающего шнека.

На рынке присутствуют СЗМ различного типа, изготовленные как зарубежными компаниями ("Дино Нобель", ETI, MSI), так и российскими производителями (КНИИМ, НИПИГОРМАШ, ЗАО "Нитро Сибирь" и Белгородский завод сельскохозяйственного машиностроения). Эти машины работают на предприятиях АО "ССГПО", угольных

разрезах центрального и южного Кузбасса, в карьерах ОАО "Ураласбест", ОАО "Апатит", ГУП "Якутуголь", на Лебединском, Качканарском, Ковдорском ГОКах и других горных предприятиях.

Еще одна из техник состоит в применении системы устройств и методов передачи неэлектрического иницирующего импульса от первичного инициатора через ударно-волновую трубку к промежуточному неэлектрическому детонатору. Неэлектрические системы иницирования в сравнении с традиционными обусловлены более высокой надежностью, безопасностью и позволяют создавать схемы короткозамедленного взрывания зарядов с высокими возможностями управления энергией взрыва.

Несмотря на то, что настоящая техника не имеет прямого экологического эффекта, она является наилучшей доступной технологией ведения горных работ и обеспечивает стабильную и надежную работу, снижая тем самым риск возникновения нештатных и аварийных ситуаций, последствия которых самым неблагоприятным способом сказываются на окружающей среде [31].

Технические соображения, касающиеся применимости

Значительная часть техник общеприменима, внедрена и широко применяется практически на всех горнодобывающих предприятиях Казахстана. Могут использоваться как по отдельности, так и в совокупности. Масштабность и эффективность способов борьбы с пылевыделением связана с обеспечением ритмичной поставки необходимых жидкостей и химических реагентов на объект, а также наличием механизированных средств обработки поверхности взрываемых блоков.

Гидрообеспыливание не применимо для процессов, в которых используются руды/концентраты, содержащие достаточное количество естественной влаги, чтобы предотвратить пылеобразование. Применение также ограничено в период отрицательных температур.

Пылеподавление растворами ПАВ, полимерными веществами, эмульсиями и другими химическими реагентами, создающими на поверхности материала корку, определяется экономической целесообразностью.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае. Большая часть техник не требует существенных капитальных вложений и носит организационный характер.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства. Снижение выбросов неорганической пыли.

5.5.1.3. Технические решения для предотвращения и/или снижения неорганизованных выбросов при транспортировке, погрузочно-разгрузочных операциях

Описание

Методы или совокупность методов, применяемых для предотвращения неорганизованных выбросов в атмосферу при транспортировке сырья, а также погрузочно-разгрузочных операциях.

Техническое описание

К основным источникам неорганизованных выбросов относятся: системы транспортировки, погрузки и разгрузки горной массы; взвеси дорожной пыли, поднимаемой при эксплуатации транспортных средств; газы при работе автотранспортных средств и тяговых средств железнодорожного транспорта с двигателями внутреннего сгорания.

Погрузочно-разгрузочные работы сопровождаются значительным выделением пыли. Максимальное количество пыли выделяется при работе экскаваторов, несколько меньшее – бульдозеров.

Автотранспорт при транспортировке горной массы поднимает большое количество пыли. Автомобильные дороги на карьерах, использующих автотранспорт, занимают одно из первых мест в балансе пылевыведения по всем источникам выделения пыли в карьере. На их долю приходится 70–90 % всей выделяемой пыли.

Образование пыли при конвейерной доставке обуславливается сдуванием пыли с транспортных поверхностей самого конвейера, в местах перегрузки с одного конвейера на другой, либо при загрузке конвейера.

При комбинированном транспорте причины запыленности и загазованности связаны с каждым из видов транспорта, входящим в комбинацию и, кроме того, с большим количеством выделяемой пыли в пунктах перегрузки с одного вида транспорта на другой. При всех видах карьерного транспорта большое количество пыли выделяется в местах разгрузки горной массы и при ее складировании.

К мерам, применяемым по предотвращению загрязнения окружающей среды при выемочно-погрузочных работах, транспортировке/перемещении сырья и материалов, относятся:

- оборудование эффективными системами пылеулавливания, вытяжным и фильтрующим оборудованием для предотвращения выбросов пыли в местах разгрузки, перегрузки, транспортировки и обработки пылящих материалов;

- применение предварительного увлажнения горной массы, орошение технической водой, искусственное проветривание экскаваторных забоев;

- применение стационарных и передвижных гидромониторно-насосных установок на колесном и рельсовом ходу;

- применение различных оросительных устройств для разбрызгивания воды в зоне стрелы и черпания ковша экскаватора;

- организация процесса перевалки пылеобразующих материалов;

- пылеподавление автомобильных дорог путем полива технической водой;

применение различных поверхностно-активных веществ для связывания пыли в процессе пылеподавления забоев и карьерных автодорог;
укрытие железнодорожных вагонов и кузовов автотранспорта;
применение устройства и установки для выравнивания и уплотнения верхнего слоя грузов при транспортировке в железнодорожных вагонах и др.;
очистка автотранспортных средств (мойка кузова, колес), используемых для транспортировки пылящих материалов;
применение различных видов и типов конвейерного и пневматического транспорта для перевозки горной массы;
проведение замеров дымности и токсичности автотранспорта и контрольно-регулирующих работ топливной аппаратуры;
применение каталитических технологий очистки выхлопных газов ДВС.

Достигнутые экологические выгоды

Использование перечисленных техник позволяет достигнуть значительного снижения выбросов в атмосферу пыли неорганической и уменьшить объемы выбросов оксидов азота NO_x и оксида углерода CO .

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Для предупреждения пылевыделения на автодорогах и подавления пыли применяют следующие способы: орошение дорог водой, растворами гигроскопических солей; обработку поверхности дорог различными эмульсиями. Пылеподавление водой является одним из наиболее распространенных мероприятий по снижению пылевой нагрузки на горнодобывающих предприятиях. Эффективность пылеподавления водой оросителями в зависимости от ветроустойчивости покрытия достигает до 95 %.

Обработка карьерных автодорог пылеподавляющими веществами заключается в подготовке полотна дороги и поверхностной его обработке. Бульдозером или автогрейдером производится уборка просыпей горной массы и выравнивание полотна дороги. Затем рыхлителями разрушается верхний укатанный слой покрытия на глубину 4–5 см. После этого обрабатывается пылеподавляющим веществом, которое наносится из перфорированной трубы поливочной машины самотеком во избежание образования в воздухе аэрозоля этого вещества. Расход пылеподавляющего вещества при первичной обработке 2,0–5,0 л/м², при последующих обработках – 1,2–2,5 л/м². Наиболее часто для полива автодорог используются поливочные машины на базе БелАЗ, КамАЗ. Забор воды на пылеподавление осуществляется из зумпфов-отстойников, находящихся внутри разреза и временного зумпфа-накопителя, расположенного на поверхности.

Мокрый способ рекомендуется применять в теплое время года с помощью поливочных машин, работающих в режиме мойки. На участках постоянных

технологических автодорог со значительным водопритокком рекомендуется использовать стационарный оросительный водопровод с автоматическим управлением электрозадвижками подачи воды.

Сухой способ очистки дорог применяется в районах ограничения применения воды и в холодный период года. Очистка производится легкими или средними бульдозерами, автогрейдерами, универсальными фрезерными погрузчиками или снегопогрузчиками с лаповыми питателями. Уборку пыли на автодорогах с жесткими и промерзшими покрытиями рекомендуется производить подметально-уборочными машинами.

В зимнее время при отсутствии обычного снега возможно снижение запыленности с использованием искусственного снега, образуемого с помощью снегогенераторов. Пылеподавление искусственным снегом может осуществляться как путем воздействия на взвешенную в воздухе пыль, так и путем экранирования разрыхленной горной массы посредством покрытия ее снегом перед экскавацией и погрузкой. Применение такой установки снижает запыленность воздуха в рабочей зоне экскаватора типа ЭКГ-8И на 96,5 %.

Для уменьшения пылеобразования на автодорогах с твердым покрытием необходимо своевременно убирать просыпи горной массы дороги, а также производить ее очистку от грязи, используя для этого поливочные и уборочные машины с металлическими щетками.

Для борьбы с пылеобразованием при использовании железнодорожного транспорта применяют закрепление поверхности транспортируемой горной массы пылесвязующими материалами, укрытие пленкой, а также увлажнение водой поверхностного слоя транспортируемого материала.

Переход на конвейерный транспорт позволит снизить неорганизованные выбросы перегрузочных пунктов, уменьшив их количество или вообще исключив, количество одновременно работающей погрузочной техники, количество технологических поездов и эксплуатационные затраты на транспортировку горной массы. Применение данной технологии может позволить:

- снизить эксплуатационные затраты при транспортировке 1 т горной массы на 1 км более чем на 25 %;

- сократить себестоимость рудного концентрата на 18 %;

- увеличить объемы перевозимой горной массы при снижении количества единиц техники;

- сократить объемы образования отходов (вскрыши) на 50 %;

- сократить объемы выбросов пыли на 33 %.

При конвейерном транспорте для предотвращения сдувания пыли воздушными потоками с поверхности транспортируемого материала применяют различные укрытия конвейеров, которые полностью закрывают рабочую и холостую ветви конвейера. Сокращение пылевыделения с холостой ветви конвейера осуществляют путем очистки

ленты от налипшего материала. Пункты перегрузки с конвейера на конвейер оборудуют аспирационными укрытиями.

Одним из эффективных способов предупреждения пылевывделений при транспортировке конвейерным транспортом является увлажнение сыпучих материалов до оптимальной влажности. Повысить эффективность орошения и увлажнения можно за счет применения растворов поверхностно-активных веществ (ПАВ), например, 0,025 %-ного раствора смачивателя "Прогресс", 0,3 %-ного раствора полиакриламида, 0,5 %-ного раствора ДБ и др. Увлажнение материалов до оптимальной влажности позволяет в десятки раз уменьшить интенсивность пылевывделения и предотвратить срыв пыли с поверхности транспортируемого материала даже при значительной относительной скорости воздушного потока (до 6,5 м/с).

Почти на всех карьерах для снижения пылеобразования при погрузочно-разгрузочных работах применяется гидроорошение. Для этой цели используются гидроустановки на железнодорожной платформе, шасси автосамосвалов. Установка на базе самосвала с цистерной емкостью 24–25 м³ обеспечивает орошение навала горной массы на забоях трех экскаваторов. В гидроустановках используются водометные стволы различной конструкции, гидромониторы, а также пожарные стволы. В некоторых случаях в качестве водометного устройства используется агрегаты типа ДДН, применяемые в сельскохозяйственной дождевальная машине. При использовании гидромониторов с насадкой 25 мм, подключенных к водопроводной сети под давлением 4–8 ат, запыленность снижается в 5–6 раз. При использовании пожарного насоса типа ПН-25 с пожарным стволом дальность струи достигает 50–60 м, а расход воды в пределах 95–140 м³/ч. При разгрузке горной массы, укладке в отвал пылеобразование можно снизить увлажнением водой с использованием передвижных или стационарных установок.

Для предупреждения пылевывделения при ведении экскаваторных работ увлажнение разрыхленной горной массы в развале осуществляется в основном путем ее орошения с использованием передвижных стационарных оросительных установок. Увлажнение горной массы в развале с одновременной ее дегазацией после взрыва возможно с использованием передвижных вентиляционно-оросительных установок. При этом наряду со снижением пылеобразования эта схема позволяет в 3–4 раза сократить время простоя оборудования после проведения массового взрыва. Увлажнение горной массы в экскаваторных забоях карьеров осуществляется с использованием передвижных гидромониторно-насосных установок на колесном и рельсовом ходу. При применении на карьере железнодорожного транспорта используют гидропоезд с 5–6 цистернами общей вместимостью 250–300 м³ воды. Они оборудованы двумя оросительными установками типа ДДН-70 или ДДН-50 производительностью 300 м³/ч каждая и дальностью струи 50–70 м. Ствол гидромонитора ГМН поворачивается на 360° в

горизонтальной плоскости и на 120° в вертикальной. Для изменения параметров водяных струй гидромониторов предусмотрены сменные насадки диаметром от 40 до 60 мм. На карьерах, использующих автотранспорт, применяются оросительные гидромониторные установки на базе автосамосвалов различной грузоподъемности. Например, увлажнение путем поверхностного орошения с помощью поливооросительных машин, оборудованных гидромонитором, например, автомобилей БелАЗ-7648 (емкостью 32 м^3). До 25 % экскавируемой горной массы в летний период подлежит орошению водой. Радиус разбрызгивания струи воды – 60 м. Снижение загрязнения атмосферного воздуха пылью до 10 г/т добываемой горной массы. Емкостью служит герметизированный кузов автосамосвала; действие насоса, подающего воду к гидромонитору, осуществляется с использованием приспособления отбора мощности. Забой орошается в большей степени в его верхней части; нижняя часть увлажняется за счет стока воды к подошве забоя. Средства орошения следует располагать на верхней или нижней площадке уступа с учетом направления ветра относительно забоя и экскаватора в удобном для размещения месте или непосредственно на спланированном с помощью бульдозера уступе. Заправку поливооросительных автомобилей водой предусматривается частично производить из зумпфов-отстойников карьерных вод, расположенных в выработанном пространстве и временного зумпфа-накопителя, расположенного на поверхности [45].

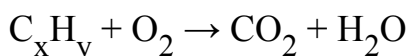
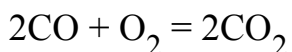
Увлажнение горной массы при перегрузке ее и погрузке на складах осуществляется, как правило, с использованием стационарных оросительных установок. Для этого на территории склада имеются емкости для воды, установлены стационарно насосы, сеть трубопроводов и гидромониторы. Для снижения вредного влияния на окружающую среду открытые склады могут быть оборудованы защитными противопылевыми оградами.

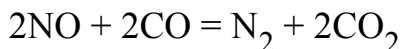
Для снижения загрязнения атмосферы выхлопными газами автомобилей используются: нейтрализация выхлопных газов термokatалитическим окислением, использование нетоксичных или малотоксичных антидетонирующих добавок к топливу, а для дизельных двигателей антидымных присадок, магнитная обработка топлива.

Магнитная обработка автомобильного топлива позволяет снизить токсичность выхлопных газов до 50 %.

Значительное снижение токсичности отработавших газов можно при использовании нейтрализаторов различных конструкций. При каталитической нейтрализации выхлопных газов окись углерода переходит в двуокись, углеводороды окисляются до воды и двуокиси углерода, окись азота восстанавливается до молекулярного азота.

Химические реакции протекают следующим образом:





Наиболее эффективным является использование платиновых катализаторов. Они позволяют обезвредить выхлопные газы от токсичных веществ на 96–98 %. Каталитические нейтрализаторы обеспечивают эффективность очистки окиси углерода до 75 %, углеводородов – до 70 % и альдегидов – до 80 % при температуре отработавших газов выше 300 °С.

Регулировку топливной аппаратуры двигателей внутреннего сгорания для обеспечения наиболее полного сжигания топлива следует осуществлять систематически. Ежедневно при выходе автомобилей на линию требуется контролировать содержание токсичных примесей в отработавших газах и в случае отклонения от установленных нормативов проводить регулировку.

Присадка к топливам обеспечивает их более полное сгорание и уменьшение содержания в отработавших газах токсичных компонентов. Например, установлено, что применение присадки типа ИХП к топливу, используемому в дизельных двигателях, позволяет уменьшить дымность вдвое. Применение для дизельных двигателей топливно-водяных эмульсий, содержащих 15–20 % воды, также значительно уменьшает содержание вредных веществ в отработавших газах [46].

Кросс-медиа эффекты

Потребность в дополнительных объемах ресурсов и материалов.

Наличие систем нейтрализации отработавших газов снижает мощность двигателя.

Технические соображения, касающиеся применимости

Представленные методы (конструктивные и технические решения) применимы при технической возможности и экономической целесообразности, могут использоваться как по отдельности, так и в совокупности.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

В 2020 году на Михайловском ГОКе открыли уникальный дробильно-конвейерный комплекс. Производительность комплекса – 15 миллионов тонн руды в год, инвестиции в проект – 6 млрд рублей. В 2022 году "Металлоинвест" ввел в эксплуатацию комплекс циклично-поточной технологии (ЦПТ) на Лебединском горно-обогатительном комбинате. На реализацию инвестпроекта стоимостью около 14 млрд рублей потребовалось почти 5 лет.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства. Снижение выбросов неорганической пыли и выхлопных газов.

5.5.1.4. Техники, направленные на сокращение и (или) предотвращение неорганизованных выбросов при хранении руд и продуктов их переработки

5.5.1.4.1. Укрепление откосов ограждающих дамб хвостохранилищ с использованием скального грунта, грубодробленной пустой породы

Описание

Применение скального грунта, грубодробленной пустой породы при укреплении откосов ограждающих дамб хвостохранилищ, с целью сокращения площади пылящей поверхности.

Техническое описание

При строительстве и реконструкции хвостохранилищ, образующих каскады из двух и более отсеков, ограждающие дамбы, как правило, должны отсыпаться и наращиваться из крупнообломочных грунтов или скальной горной массы с устройством противофильтрационных элементов в виде вертикального ядра или наклонного экрана по верховому откосу. Наращивание дамб таких хвостохранилищ должно производиться только в сторону низового откоса, особенно в районах с продолжительным периодом среднесуточных температур ниже -5°C . При отсутствии скальной вскрыши наращивание высоты дамб в каскаде может производиться только в сторону низового откоса совместно с наращиванием экрана. Отсеки, образующие каскад, должны иметь резервные объемы, достаточные для размещения селевого потока, образующегося при разрушении дамбы вышележащего отсека, или иметь аварийный водосброс (канал), обеспечивающий пропуск и отведение селевого потока в безопасное место, как это предусмотрено действующими строительными нормами и правилами.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов пыли с хвостохранилищ.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

В 2020 году Северный горно-обогатительный комбинат провел работы по консервации пылящих карт хвостохранилища. Для снижения пыления новых карт хвостохранилища на предприятии применили технологию скального пригруза. В качестве "подушки" использовали отходы производства – хвосты. Для покрытия вторым слоем – скальную породу. По подсчетам экологической службы комбината, полуметровый слой щебня будет прочно удерживать свыше семи тонн пыли в год на сухой поверхности. Также реализовали мероприятие по засыпке скальными породами отработанных карт хвостохранилища.

Кросс-медиа эффекты

Сведения отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов пыли с хвостохранилищ. Экологическое законодательство.

5.5.1.4.2. Устройство лесозащитной полосы по границе земельного отвода вдоль отвалов рыхлой вскрыши (посадка деревьев)

Описание

Наибольшими пылезащитными свойствами обладают древесные формы растений. Эффективность пылезащитных свойств у разных древесных пород различна и зависит от строения дерева, его ветрозащитной способности.

Техническое описание

Ветрозащитная эффективность полос зависит от их строения, конструкции, высоты, ширины, формы поперечного сечения и степени ажурности. Наибольшую дальность защитного действия (50-60 высот деревьев) имеют полосы зеленых насаждений при продуваемой конструкции (с просветами внизу). За полосами ажурной конструкции (оптимальная ажурность составляет 30-40 %) эти зоны несколько меньше (45-50 высот). Полосы непродуваемой конструкции (плотные сверху донизу) отличаются наименьшим ветрозащитным действием (35-40 высот).

Полоса деревьев высотой 10 м, расположенных в 5 рядов, способна ослабить скорость ветра вдвое, причем на расстоянии 60 м.

Лучше всего задерживают пыль деревья с шершавыми, морщинистыми, складчатыми, покрытиями волосками, липкими листьями. Шершавые листья и листья, покрытые тончайшими ворсинками (сирень, черемуха, бузина) лучше удерживают пыль, чем гладкие (клен, ясень, бирючина). Листья с войлочным опушением по пылезадержанию мало отличаются от листьев с морщинистой поверхностью, но они плохо очищаются дождем. Клейкие листья в начале вегетации имеют высокие пылезадерживающие свойства, но утрачивают их. У хвойных пород на единицу веса хвои оседает в 1,5 раза больше пыли, чем на единицу веса листьев, и пылезащитные свойства сохраняются круглый год. Зная пылезащитные свойства растений, варьируя размеры озеленяемой территории, подбирая породы и необходимую густоту посадок, можно добиться наибольшего пылезащитного эффекта. Дожди, освобождая насаждения и воздушный бассейн от пыли, смывают ее на поверхность земли. Количество пыли в воздухе изменяется в зависимости от влажности воздуха и скорости ветров.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение пыления отвалов вскрышной породы.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Снижение пыления отвалов до 55 г пыли/т горной массы, поступающей в отвал.

Кросс-медиа эффекты

Сведения отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо с учетом естественной среды обитания.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Сокращение пыления отвалов вскрышной породы. Требования экологического законодательства.

5.5.1.4.3. Использование ветровых экранов

Описание

Система ветрозащитных экранов является модульной, состоит из ограниченного числа элементов, применяется для сокращения пыления.

Техническое описание

Ветровой барьер представляет собой специальную сеть из синтетического материала, натянутую вокруг потенциального источника пыли. Благодаря ячеистой структуре ветровой барьер снижает скорость проходящих через него потоков воздуха на 75 % и более. Это значительно сокращает количество воздушной пыли. При этом окружать весь штабель ветровым барьером не требуется, достаточно установить его в направлении наиболее частого и постоянного ветра. Ветровой барьер устойчив к сильным ветрам, ультрафиолету.

Ограждение для защиты от ветра и пыли контролирует и изменяет направление потоков ветра за счет уменьшения скорости ветра и турбулентности на площадках. При столкновении ветра со стеной механическая энергия воздушного потока снижается, вследствие чего уменьшается скорость ветра. В то же время уменьшается сила и размер крупных вихревых потоков

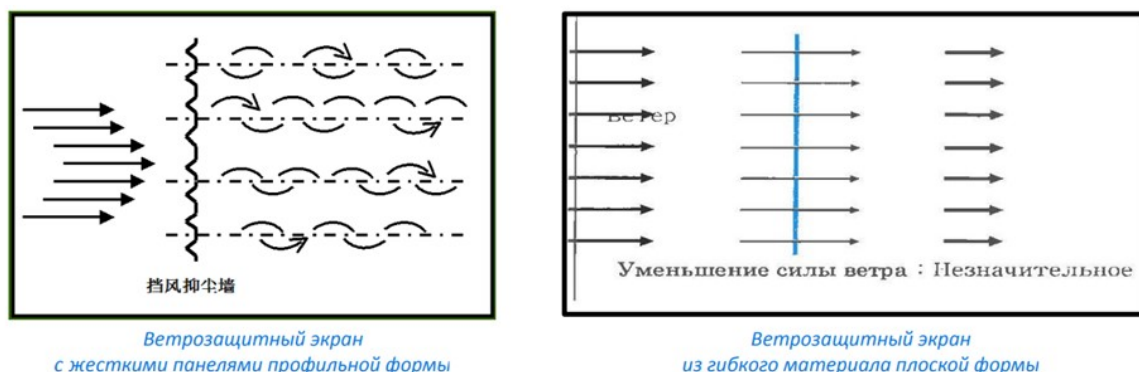


Рисунок 5.10. Использование ветровых экранов

Жесткая конструкция формирует новые потоки воздуха с меньшей скоростью и интенсивностью, что позволяет значительно снизить рассеивание пыли как на площадке, так и за ее пределами [47].

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение пыления хвостохранилища.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Снижение выбросов (пыления) при использовании ветровой защиты составляет 65–80 %.

В США для пылеподавления используют ветровые экраны "Dust TAMER™ Wind Screen Systems".

Кросс-медиа эффекты

Сведения отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов пыли с хвостохранилищ. Экологическое законодательство.

5.5.1.4.4. Методы сокращения выбросов загрязняющих веществ при хранении и складировании товаров (грузов)

НДТ при хранении и складировании товаров (грузов) включают следующие мероприятия:

1) крытое хранение непылящих материалов, таких как концентраты, флюсы, твердое топливо, сыпучие материалы, кокс и вторичные материалы, которые содержат водорастворимые органические соединения;

2) герметичная упаковка пылеобразующих материалов или вторичных материалов, содержащих водорастворимые органические соединения;

3) крытые отсеки для хранения материала, который был гранулирован или агломерирован;

4) надежные системы обнаружения утечек и индикация уровня резервуара с сигнализацией для предотвращения переполнения;

5) хранение реактивных материалов в двухслойных резервуарах или резервуарах, помещенных в химически стойкие бункеры той же емкости, и использование хранилищ, которые являются непроницаемыми и устойчивыми к хранящемуся материалу;

6) использование защитных покрытий инертного газа для хранения материалов, которые реагируют с воздухом;

7) регулярная очистка зоны хранения и, при необходимости, увлажнение водой;

8) расположение продольной оси штабеля параллельно преобладающему направлению ветра в случае наружного хранения, формирование одного штабеля вместо нескольких, где это возможно, в случае наружного хранения;

9) защитная посадка, ограждения ветров или подветренные крепления для снижения скорости ветра в случае наружного хранения;

10) использование масляных и твердых перехватчиков для дренажа открытых кладов. Использование бетонных зон, которые имеют бордюры или другие устройства

для удержания, хранения материала, который может выделять нефть, например, стружку;

11) раздельное хранение несовместимых материалов (например, окислители и органические материалы).

Достигнутые экологические выгоды

Предотвращение неконтролируемых выбросов пыли, металлов и других соединений

Экологические показатели и эксплуатационные данные

При закрытых складах сокращаются потери материалов, следовательно, и ценностей в ней заключенных до минимума, что быстро окупает затраты на их сооружение. Использование интегрированных систем отбора проб позволяет определять и контролировать качество сырья, посыпающего на хранение.

Обычно на заводах для хранения концентратов широко применяют одноэтажные прямоугольные склады с шириной 24–30 м и с центральной железнодорожной разгрузочной эстакадой. Склад разделен на отсеки длиной 18 м. Каждый отсек предназначен для хранения определенного материала и имеет емкость 950–1300 м³. Обогреваемое днище в отсеках позволяет отогревать смерзшиеся концентраты.

Склады оборудованы также устройствами для оттаивания концентрата в контейнерах и мойки опорожненных контейнеров, местами для укладки порожней тары, подготовленной к отправке.

Операции по разгрузке контейнеров с концентратами, переноске их и погрузке порожней тары на железнодорожные платформы выполняют с помощью мостового крана.

Концентраты складывают в штабеля и выдают со склада грейферными кранами. Кран подает концентрат в небольшой приемный бункер, из которого с помощью ленточного питателя концентрат попадает на наклонный ленточный транспортер и направляется на приготовление шихты.

Емкость складских помещений должна быть такой, чтобы в них хранился запас сырья, флюсов и других материалов на 10-30 суток работы завода.

В компании "Umicore" Хобокен складские помещения для сырья полностью закрыты. Проводится интенсивная уборка дорог и площадей на производственных площадках и ближайших окрестностях. Зоны интенсивного пылеподавления орошаются водой, используется ветровой барометр, в соответствии с которым обработка и перемещение сырья ограничивается или откладывается в зависимости от погодных условий.

В марте 2021 года на металлургическом заводе KGHM (Глоггов) было завершено строительство склада для свинецсодержащих материалов, оснащенного системами

орошения водой и закрытой системой сбора фильтрата для предотвращения неорганизованных выбросов.

Внедрение в 2020 году системы пылеподавления на открытом и закрытом складе железнорудного сырья ПАО "ММК" способствовало сокращению неорганизованных выбросов пыли на 200 тонн. Система пылеподавления, смонтированная в цехах подготовки аглошихты, состоит из двух стадий: первичное пылеподавление происходит благодаря форсуночным системам, которые обеспечивают локализацию пыли в границах склада, предотвращая тем самым пылеунос при выгрузке материала; вторичное пылеподавление осуществляется снегогенераторами. Эффективность использования системы составляет более 70 %. Система локального пылеподавления была применена в углеподготовительном цеху в самых запыленных точках. На сегодняшний день цех оборудован пятью системами пылеподавления, что позволило добиться заявленной эффективности в 80 %.

В 2021 году на территории Среднеуральского медеплавильного завода (предприятие металлургического комплекса УГМК) был установлен пневмокаркасный ангар для хранения медного концентрата с функцией автоматической подкачки воздуха с интеллектуальной системой контроля. Необходимость установки надувного ангара обосновывалась необходимостью дополнительных мест хранения концентратов, в период проведения капитального ремонта в медеплавильном цеху.

Кросс-медиа эффекты

Потребность в дополнительных объемах энергоресурсов при:
эксплуатации вентиляционных систем пылегазоулавливания;

необходимости сушки сырьевого материала увлажненного в процессе пылеподавления с использованием распыления воды.

Расход воды на увлажнение материалов. Дополнительные отходы в процессе обслуживания оборудования.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

В 2007–2008 гг. завод "Metallo-Chimique" в Бельгии инвестировал 6,5 млн евро в крытую зону хранения пылящих материалов. Зона хранения занимает 8000 м² и 180000 м³ и имеет максимальную емкость складских помещений в 20 000 тонн. Максимальная производительность склада – 50000 т/год.

В компании "Aurubis" Гамбург строительство крытой зоны хранения (5000 м²) со встроенными мощностями дробления, просеивания и транспортировки, подключенными к рукавному фильтру (70000 Нм³/ч), привлекло капитальных затрат в сумме 7,5 млн евро.

Стоимость и реализация проекта по установке пневмокаркасного ангара на Сренднеуральском медеплавильном заводе оказались на более чем 80 % ниже тех, что понадобились бы при капитальном строительстве обычного склада.

Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода.

Апробировано, нашло применение в странах ОЭСР.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства в части предотвращения/сокращения эмиссий в окружающую среду.

Экономия сырья, возврат уловленных частиц в технологический цикл производства.

5.5.1.4.5. Методы снижения выбросов при транспортировке материалов, используемых при производстве алюминия

НДТ при транспортировке материалов, используемых на производстве алюминия, включают следующие мероприятия:

1) покрытые конвейеры для обработки непыляющих твердых материалов, подходящие контейнеры для обработки гранулированных материалов;

2) извлечение пыли из точек подачи, силосных вентиляционных отверстий, систем пневматической передачи и точек транспортировки конвейера и подключение к системе фильтрации (для пылеобразующих материалов);

3) минимизация транспортных расстояний, уменьшение высоты падения конвейерных лент, механических лопат или захватов;

4) минимизация скорости спуска или свободного падения материалов, регулировка скорости открытых ленточных конвейеров (<3.5 м/с);

5) размещение транспортировочных конвейеров и трубопроводов в безопасные открытые участки над землей для быстрого обнаружения утечек, а также предотвращение повреждения транспортных средств и другого оборудования.

Достигнутые экологические выгоды

Предотвращение неорганизованных выбросов пыли, металлов и других соединений.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Интегрирование систем отбора проб и анализов материалов в систему обработки и транспортировки сырьевых материалов для определения их качества и подготовки дальнейших операций по переработке.

Кросс-медиа эффекты

Потребность в дополнительных объемах энергоресурсов при:

эксплуатации вентиляционных систем пылегазоулавливания;

необходимости сушки сырьевого материала увлажненного в процессе пылеподавления с использованием распыления воды.

Расход воды на увлажнение материалов. Дополнительные отходы в процессе обслуживания оборудования.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

Нет данных

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства в части предотвращения/сокращения эмиссий в окружающую среду. Экономия сырья, возврат уловленных частиц в технологический цикл производства.

5.5.2. НДТ, направленные на предотвращение организованных эмиссий в атмосферный воздух

5.5.2.1. Применение современных методов очистки выбросов от пыли

Применение современных методов очистки выбросов от пыли предусматривает:

применение камер гравитационного осаждения для удаления крупных частиц (>20 мкм) на этапе предварительной очистки дымовых газов;

применение циклонов на этапе предварительной очистки дымовых газов для удаления абразивных частиц, позволяющее увеличить срок эксплуатации другого газоочистного оборудования;

применение мокрых пылеуловителей (скрубберы Вентури; насадочный скруббер) для удаления твердых пылевых частиц на поверхность жидкости под действием инерции;

применение электрофильтров (сухие и мокрые). Сухие для удаления твердых частиц путем встряхивания и последующего удаления пыли, мокрые – очистки в условиях высокой влажности. Пыль смывается орошающей водой;

применение рукавных фильтров для удаления мелких и ультрамелких частиц;

применение гибридных рукавных фильтров (электрофильтр+рукавный фильтр) для глубокой очистки от пыли;

применение мокрых газоочистителей для одновременного улавливания SO_x и пыли.

Минимальный размер частиц, удаляемых оросительными колоннами, составляет > 10 мкм, динамическими и коллизионными очистителями – >2,5 мкм, скрубберами Вентури – >0,5 мкм.

применение фильтров с импульсной очисткой [48].

применение керамических и металлических мелкоячеистых фильтров для удаления мелкодисперсных частиц.

5.5.2.2. Рукавные фильтры (как опция с нанесением свежего глинозема для улавливания фтористого водорода и возврата в процесс)

Описание

Среди множества видов пылеулавливающего оборудования широкое применение благодаря эффективности очистки и универсальным характеристикам получили рукавные фильтры. Основным достоинством рукавных фильтров является высокое качество очистки газа от пыли.

Очистка отходящих газов от пыли основано путем пропуска через плотно сплетенную или войлочную ткань, в результате чего твердые частицы собираются на ткани путем просеивания или другими способами.

Рукавные фильтры являются самым экологически чистым и эффективным пылеулавливающим оборудованием.

Для очистки электролизных газов от фтористых соединений и пыли применяется система "сухой" очистки газов глиноземом в реакторах и рукавных фильтрах. Отходящие от электролизеров газы поступают из коллектора, проходят через модули реактор – рукавный фильтр, где очищаются от фтористого водорода и пыли и вентиляторами выбрасываются в атмосферу. Перед каждым фильтром в поток загрязненного газа дозируется свежий (первичный) глинозем. Адсорбция фтористого водорода происходит как в реакторе, так и в фильтрующем слое глинозема на рукавах фильтра. Загрязненный газ с глиноземом и пылью с помощью распределительного устройства, установленного на входе в фильтр, равномерно подается на все рукава. Глинозем с адсорбированными фторидами и пылью образуют на рукавах фильтра фильтрующий слой, в котором происходят адсорбция и пылеулавливание. Пыль с рукавов удаляется импульсной продувкой при помощи сжатого воздуха. Воздух подается с помощью электромагнитных клапанов. Импульсы задаются программирующей электронной системой. Уловленные глинозем и пыль собираются в бункере фильтра. Очищенный газ направляется в коллектор чистого газа и удаляется в атмосферу через трубы. Отработанный (фторированный) глинозем направляют в электролизеры. Степень улавливания фтористых соединений и электролизной пыли в установках сухой очистки газов составляет $\leq 99\%$ [49].

Техническое описание

В процессе производства и работы технологического оборудования часто возникают сложности с образованием пыли. Данная проблема не обошла стороной металлургические предприятия.

Принцип работы рукавных фильтров основан на прохождении грязного воздуха через поры нетканного фильтрующего материала. Запыленный воздух по газопроводу через входной патрубок попадает в камеру грязного газа и проходит через поверхность фильтровальных рукавов. Пыль оседает на фильтрующем материале, а очищенный воздух попадает в камеру чистого газа и затем удаляется из фильтра. По мере накопления пыли на поверхности фильтрующего материала возрастает сопротивление движению воздуха и снижается пропускная способность фильтровальных рукавов. Для очистки рукавов от уловленной пыли осуществляется их регенерация сжатым воздухом или вибровстряхиванием в зависимости от метода регенерации рукавного фильтра. Сброшенная с рукавов пыль попадает в бункер накопитель и через устройство выгрузки удаляется.

Наибольшее распространение в промышленности получили рукавные фильтры. Конструктивно гибкая фильтрующая перегородка выполняется в виде рукава, поэтому и фильтры с гибкими фильтрующими перегородками получили название "рукавные".

В них применяют фильтровальные материалы двух видов: ткани и нетканые материалы, изготавливаемые из различных природных и синтетических волокон.

На металлургических заводах для фильтрации запыленных газов применяют в основном ткани и нетканые материалы из натуральных волокон (шерсть), смеси шерсти с синтетическим волокном (капроном), из синтетических волокон – полиакрилонитрильных (нитрон), полиэфирных (лавсан), повышенной термостойкости (оксалон, фенилон), из стеклянных волокон с кремнийорганическим покрытием.

Рукавные фильтры изготавливают в виде листов, картриджей или рукавов (наиболее распространенный тип).

На практике применение рукавных фильтров связано с использованием больших площадей фильтрации, что объясняется необходимостью предотвращения недопустимого падения давления на фильтре, которое может привести к выходу из строя корпуса фильтра и, соответственно, неорганизованному выбросу пыли.

Рукавные фильтры большей частью имеют рукава диаметром 100–300 мм. Длина рукава обычно составляет 2,4–3,5 м. Фильтровальные ткани для изготовления рукавов выбирают в зависимости от характеристик газа и содержания в нем пыли.

По форме корпуса рукавные фильтры могут быть прямоугольными и реже круглыми и овальными. В настоящее время наиболее распространенными типами рукавных фильтров являются: ФРКИ, ФРКН, ФРО, ФРОС, ФРКДИ, ФРУ, УРФМ, СМЦ, РФГ-УМС, Г4-БФМ и др.

На эффективность процесса фильтрации (особенно для частиц размером менее 1 мкм) значительно влияет электрическая заряженность частиц: наличие разноименных зарядов на частицах повышает эффективность фильтрации. Этот эффект слабее при повышенном влагосодержании (до 70 %) и высоких скоростях газопылевого потока (до 6 м/мин).

Наиболее распространенными методами очистки являются обратный воздушный поток, механическое встряхивание, вибрация, пульсация воздуха под низким давлением и пульсация сжатого воздуха. Акустические ковши также используются для очистки фильтрующих рукавов. Стандартные механизмы очистки не обеспечивают возвращение рукава в первоначальное состояние, так как частицы, осевшие в глубине ткани, уменьшают размер пор между волокнами, хотя это обеспечивает высокую эффективность очистки субмикронных паров.

Основные блоки и принципиальная схема конструкции рукавных фильтров состоит из следующих элементов:

- камера грязного газа;
- камера чистого газа;

корпус рукавного фильтра;
монтажная плита (разделительная плита между чистой и грязной камерой);
фильтровальные рукава;
система регенерации с ресиверами, пневмоклапанами, продувочными трубами;
бункер с устройством выгрузки уловленной пыли и опорами;
система автоматики управления.

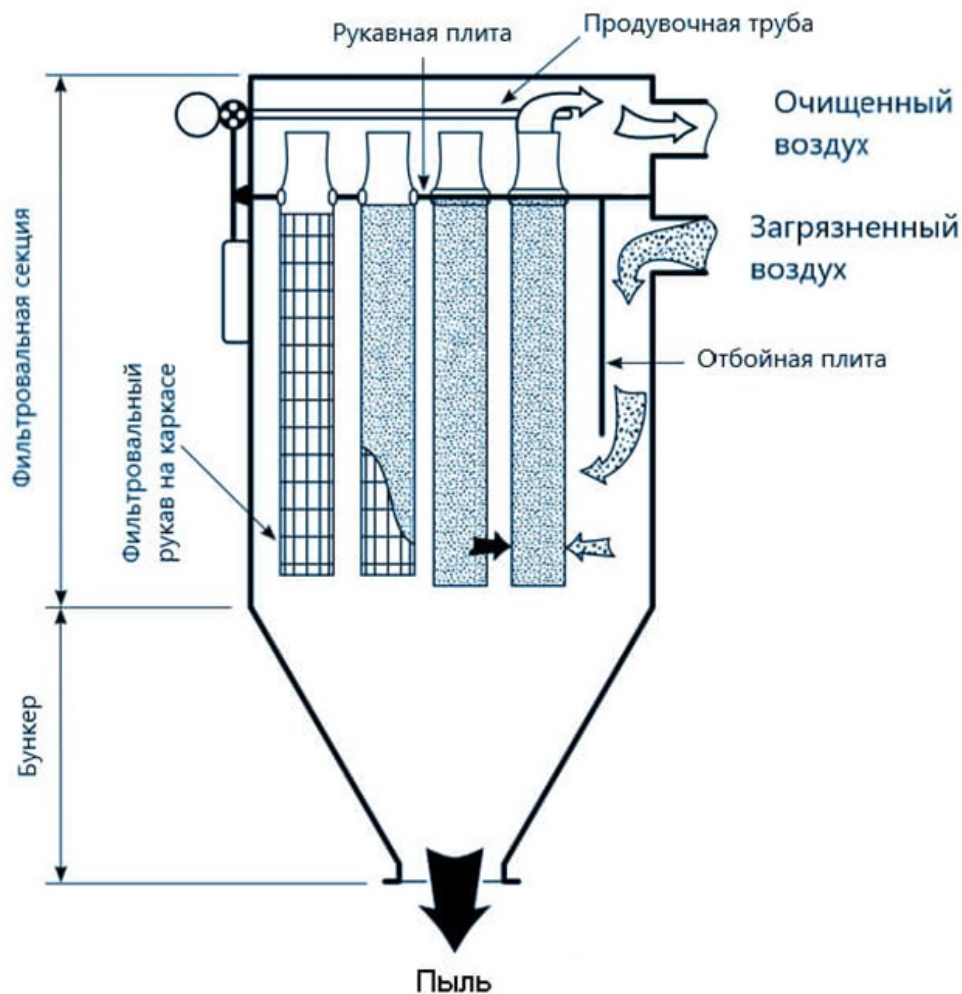


Рисунок 5.11. Конструкция рукавного фильтра

Эффективность очистки в рукавных фильтрах в основном зависит от свойств фильтровальной ткани, из которой изготавливаются рукава аппарата, а также от того, в какой мере эти свойства соответствуют свойствам очищаемой среды и взвешенных в ней частиц. При выборе ткани необходимо учитывать состав газов, природу и размер частиц пыли, способ очистки, требуемую эффективность и экономические показатели. Также учитываются температура газа, способ охлаждения газа, если таковой имеется, образующийся водяной пар и точка кипения кислоты.

Рукавные фильтры для аспирации принадлежат к пылеулавливающим приборам "сухого" вида, у этих фильтров более высокая результативность чем у электрических фильтров или оборудования для мокрого очищения газов. На финальном этапе после функционирования этих приборов запыленность составляет не более 10 мг/м^3 . Также существуют фильтры с еще более низкой остаточной запыленностью – до 1 мг/м^3 . В дополнение к рукавным фильтрам идут очищающие рукава, созданные из материалов для фильтрации. Их можно использовать при температурном показателе до $+260 \text{ }^\circ\text{C}$ [50].

Преимущества и недостатки рукавных фильтров.

Благодаря универсальности своей конструкции, а также широкой опциональности рукавные фильтры имеют массу преимуществ и нашли широкое применение в различных отраслях. Одним из достоинств является то, что они легко встраиваются в технологическую линию, могут быть адаптированы под условия стесненных габаритов. Среди пылеуловителей сухого типа рукавные фильтры имеют наиболее высокую степень очистки – до 99 %. Имеют сравнительно низкие эксплуатационные затраты, которые ограничиваются регламентной заменой фильтрующих рукавов один раз в 2–3 года (данный срок зависит от агрессивности среды, температуры и влажности) и периодической заменой пневмоклапанов. Рукавные фильтры могут так же эффективно функционировать в условиях суровой зимы с температурой наружного воздуха до $-60 \text{ }^\circ\text{C}$, как и в отапливаемом помещении, что можно отнести это к безусловным достоинствам.

При этом существуют и недостатки рукавных фильтров. Один из них – это необходимость подвода сжатого воздуха, к которому имеются особые требования. Например, для больших фильтров, обеспечивающих фильтрацию $150\text{--}200 \text{ тыс. м}^3/\text{ч}$ загрязненного газа, необходима подача сжатого воздуха в объеме 4000 л/мин . Для некоторых фильтров необходимо применение рукавов из мета-aramида, стекловолокна, полиимида и других дорогих материалов, от правильности подбора которых зависит срок их жизни. Ошибки в подборе фильтрующего материала влекут за собой значительное увеличение стоимости эксплуатации всего оборудования. Фильтровальный материал рукавов подбирается исходя из особенностей фильтруемой среды, свойств и дисперсности пыли. Основные материалы, используемые в рукавных фильтрах: полиэстер (PE), мета-арамид (AR), полиимид (P84), стекловолокно (FG), политетрафторэтилен (PTFE), полиакрилонитрил (PAN), полифениленсульфид (PPS) и другие [51].

Сравнение фильтров по эффективности очистки

Для выбора оптимального типа фильтров необходимо учитывать следующие факторы:

является ли конечной целью процесса фильтрования получение только ценного фильтрата или осадка, либо одновременное получение и того и другого;
свойства фильтруемого вещества и получаемого осадка;
прочие условия производственного процесса.

Так фильтры непрерывного действия оптимально работают в коротких циклах фильтрования. Промывка и разгрузка осадка осуществляются автоматически. Скорость, с которой протекает процесс в таких устройствах, намного выше по сравнению с фильтрами периодического действия. Фильтры непрерывного действия оптимальны к использованию, если состав суспензии постоянен и масштабы производства относительно велики.

Фильтры периодического действия используются для работ на длинных циклах фильтрования. Причина состоит в том, что частое повторение второстепенных операций значительно снижает их производительность. Такие фильтры широко распространены на небольших производствах и для работы с трудноотделяемыми осадками.

Следует отметить, что для большинства производств, наиболее оптимальным решением являются фильтры непрерывного действия несмотря на свою высокую стоимость.

К наиболее распространенным видам фильтров периодического действия относится фильтр-пресс. Такие устройства оптимальны в случаях, когда необходимо получить обезвоженный осадок.

Нутч-фильтры открытого типа, как правило, используются для отделения кристаллических веществ, если есть необходимость получить тщательно промытый осадок. Применение нутч-фильтров закрытого типа осуществляется ограничено по причине небольшой фильтрующей поверхности.

Рукавные фильтры используются, как правило, для получения ценного фильтрата и непригодны для получения обезвоженных осадков. Конфигурация фильтров с круглыми элементами более удобна, чем с прямоугольными.

Рукавные фильтры нельзя использовать для очистки газов, так как они горячие и химически агрессивные. К тому же такие фильтры довольно быстро загрязняются, а что еще хуже – быстро разрушаются. Именно по этим причинам в ряде случаев предпочитают применять электрическую очистку газов.

Рукавные фильтры качественно очищают газы от тонкой дисперсной пыли и пыли, которая трудно поддается увлажнению (сажа и окись цинка). Тем не менее, такие фильтры не могут очищать газы от химически агрессивных газов, влажной и липкой пыли.

Таблица 5.8. Сравнение фильтров по эффективности очистки

| № п/п | Тип аппаратов | Размер отделяемых частиц пыли, мкм | Степень очистки, % |
|-------|---------------|------------------------------------|--------------------|
| | | | |

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|--------------------------|--------------|-------------|
| 1 | Пылеосадительные камеры | ≥ 100 | 40 – 60 |
| 2 | Жалюзийные золоуловители | ≥ 25 | 60 – 75 |
| 3 | Циклоны: конические | ≥ 15 | ≤ 90 |
| 4 | Циклоны: батарейные | ≥ 15 | ≥ 95 |
| 5 | Рукавные фильтры | ≥ 2 | $\geq 99,5$ |
| 6 | Висциновые фильтры | ≥ 10 | ≥ 99 |
| 7 | Мокрые скрубберы | $\geq 0,1$ | 90 – 99 |
| 8 | Электрофильтры | $\geq 0,005$ | $\leq 99,5$ |

Мониторинг

Для обеспечения правильной работы фильтра следует применять одну или несколько из следующих функций.

Особое внимание уделяется выбору фильтрующего материала и надежности системы крепления и уплотнения. Проведение надлежащего технического обслуживания. Современные фильтрующие материалы, как правило, являются более прочными и имеют более длительный срок службы. В большинстве случаев дополнительные затраты на современные материалы компенсируются продолжительным сроком службы.

Рабочая температура выше точки конденсации газа. Термостойкие рукава и крепления используются при более высоких рабочих температурах.

Непрерывный контроль содержания пыли путем улавливания и использования оптических или трибоэлектрических устройств для обнаружения поломок фильтра. При необходимости устройство должно взаимодействовать с системой очистки фильтра для обнаружения отдельных секций, содержащих изношенные или поврежденные рукава.

Использование газового охлаждения и искрового гашения, если это необходимо. Циклоны считаются подходящими устройствами для искрового гашения. Большинство современных фильтров расположены в нескольких отсеках, поэтому в случае необходимости поврежденные отсеки могут быть изолированы.

Мониторинг температуры и искрообразования может применяться для обнаружения пожаров. На случай возникновения опасности воспламенения могут быть предусмотрены системы инертных газов или добавлены инертные материалы (например, гидроксид кальция) к отходящему газу. Чрезмерный перегрев ткани сверх расчетных пределов может вызвать токсичные газообразные выбросы.

Необходимо отслеживать перепад давления для контроля механизма очистки.

Наиболее важным и ответственным элементом совмещенной системы газоудаления ДСП являются пылеуловители – рукавные фильтры, обеспечивающие очистку от пыли

выбросов до концентраций не более 10– 20 мг/м³. Примером длительной, высокоэффективной работы рукавного фильтра с импульсной регенерацией в электросталеплавильном производстве является фильтр ФРИР-7000, введенный в эксплуатацию в 1989 г. в ЭСПЦ-2 ОАО "Днепроспецсталь" за 50-тонной ДСП в составе комплексной системы улавливания и очистки пылегазовыделений электропечи. В течение 20 лет фильтр обеспечивает очистку выбросов до пылесодержания не более 10 – 20 мг/м³. Газоочистки с фильтрами ФРИР-5600, ФРИР-4000, ФРИР4600, ФРИР-1120x2 сооружены и эксплуатируются на Серовском, Аксуском, Запорожском, Челябинском (ЧЭМК) заводах.

Рукавные фильтры широко применяются в странах северной и южной Америки, Европы, Африки, Азии, Австралии. К примеру, в России внедрены на предприятиях ООО "Сибэлкон", ЗАО "Кондор-Эко", ПАО "Гайский ГОК" с эффективностью очистки от пыли до 95 %.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов пыли. Удаление твердых частиц размером до 2,5 мкм и других соединений.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Удаления определенных газообразных загрязняющих веществ возможно в случае сочетания их с системами, расположенными после пылеуловительной камеры с рукавными фильтрами и связанными с внесением дополнительных материалов, в том числе с адсорбцией и сухим вдуванием извести/бикарбоната натрия. При использовании рукавных фильтров отсутствует необходимость очистки шламов и сточных вод. Производительность зависит от типа применяемого оборудования для очистки и может находиться в пределах 99– 99,9 %.

Кросс-медиа эффекты

Фильтровальную ткань, если ее регенерация невозможна, следует заменять через каждые 2–4 года (срок службы зависит от различных факторов). Падение давления, которое следует компенсировать за счет подкачки, приводит к дополнительному энергопотреблению. Поскольку рукавные фильтры очень эффективно улавливают тонкодисперсные частицы, они также эффективно уменьшают выбросы тяжелых металлов, которые содержатся в пыли дымовых газов в виде субмикронных частиц.

Дополнительно возможно увеличение расхода сжатого воздуха для цикла очистки. При проведении технического обслуживания могут возникать дополнительные отходы. Потребление электрической энергии увеличивается с повышением эффективности пылеулавливания. Расход фильтрующих материалов.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Снижение выбросов в окружающую среду. Экономия сырья, если пыль может быть возвращена в процесс. Требования экологического законодательства. Экономия ресурсов.

5.5.2.3. Циклоны

Описание

Циклоны находят самое широкое применение для сухой очистки воздуха от всех видов пыли ввиду простоты их конструкций, эксплуатационной надежности и экономичности. Пылеуловитель циклон очищает дымовоздушные массы от взвешенных пылевых твердых частиц и причисляется к аппаратам инерционного типа. Характерны пылеуловители "циклоны" своей высокой надежностью.

Техническое описание

Принцип работы циклонов основан на действии центробежной инерционной сепарации, подразумевающей повышение эффективности пылеулавливания сухим способом и сохранение мелкодисперсных фракций продукта. Загрязненный газ попадает в пылеуловитель через патрубок верхней части устройства. Внутри аппарата под действием центробежной силы поток газов расслаивается, твердые частицы отбрасываются к стенкам цилиндра и под действием силы тяжести опускаются в камеру-пылесборник. Очищенный газ покидает пылеуловитель через выпускной патрубок.

Эффективность работы пылеуловителя циклона напрямую зависит от геометрических размеров аппарата. Чем меньше диаметр имеет циклон пылеуловитель и уже патрубок ввода, тем выше качество очистки.

Пылеуловители циклоны по своим эксплуатационным характеристикам во многом превосходят пылеуловители иных типов. Конструктивная простота данного устройства обуславливает надежность, простоту монтажа. Удобный доступ к элементам устройства облегчает процесс обслуживания. Стоит отметить высокую производительность очистки газов и большой эксплуатационный ресурс. Пылеуловитель циклонного типа может использоваться для агрессивных, высокотемпературных газов.

Пылеуловители циклоны получили широкое применение в строительной, химической, деревообрабатывающей, металлургической промышленности [53].

Циклоны обеспечивают очистку газов эффективностью 80–95 % от частиц пыли размером более 10 мкм. В основном их рекомендуется использовать для предварительной очистки газов и устанавливать перед высокоэффективными аппаратами (например, фильтрами или электрофильтрами). В ряде случаев достигаемая эффективность циклонов оказывается достаточной для выброса газов или воздуха в

атмосферу. Запыленный воздух входит в корпус циклона со скоростью до 20 м/с, совершая вращательное движение в кольцевом пространстве между стенкой корпуса и внутренней трубой, перемещаясь далее в коническую часть корпуса. Под действием центробежной силы пылевые частицы, перемещаясь радиально, прижимаются к стенкам корпуса. Воздух, освобожденный от пыли, выходит наружу через внутреннюю трубу, а пыль поступает в сборный бункер. В зависимости от производительности циклоны можно устанавливать по одному (одиночные циклоны) или объединять в группы из двух, четырех, шести или восьми циклонов (групповые циклоны).

При подборе типоразмера циклона учитывается, что с увеличением диаметра циклона степень очистки воздуха уменьшается. Циклоны с диаметром менее 800 мм не рекомендуется применять для улавливания абразивной пыли.

Материал для изготовления циклонов при температуре окружающей среды до 40 °С – углеродистая сталь, при температуре ниже 40°С – низколегированные стали.

Таблица 5.9. Основные параметры циклонов ЦН-11, ЦН-15, ЦН-24

| № п/п | Допустимая запыленность газа, г/м ³ : | |
|-------|---|---------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Для слабослипающейся пыли | не более 1000 |
| 2 | Для среднеслипающейся пыли | 250 |
| 3 | Температура очищаемого газа, °С | Не более 400 |
| 4 | Максимальное давление разрежение), кгс/м ² (кПа) | 500 (5) |
| 5 | Коэффициент гидравлического сопротивления циклонов: | |
| 6 | Для одиночных циклонов | 147 |
| 7 | Для групповых циклонов: | |
| 8 | С "улиткой" | 175 |
| 9 | Со сборником | 182 |
| 10 | Оптимальная скорость, м/с: | |
| 11 | В обычных условиях $V_{ц}(V_{вх})$ | 3,5 (16,0) |
| 12 | При работе с абразивной пылью $V_{ц}(V_{вх})$ | 2,5 (11,4) |

Достигнутые экологические выгоды

Снижение выбросов пыли в атмосферу. Снижение нагрузки загрязняющих веществ перед следующими этапами очистки (если применяется).

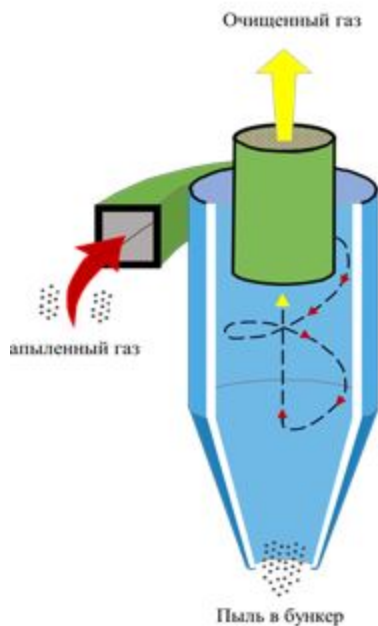


Рисунок 5.12. Принцип работы циклона

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Циклонные аппараты являются самыми распространенными сухими механическими пылеуловителями благодаря дешевизне, высокой производительности, простоте устройства и обслуживания.

Циклонные аппараты имеют следующие достоинства:

- отсутствие движущихся частей в аппарате;
- надежность работы при температурах газов вплоть до 500 °С;
- возможность работы при больших давлениях газов;
- простота в изготовлении.

Недостатками являются:

- плохое улавливание частиц размером менее 5 мкм;
- невозможность использования для очистки газов от липких загрязнителей.

Каждый тип циклонов имеет определенное предназначение в зависимости от того, какая необходима очистка загрязненного воздуха.

Так циклоны типа ЦН-11, ЦН-15 применяются для сухой очистки воздуха от пыли, кроме сильнослипающейся и взрывоопасной.

Циклоны типа СИОТ предназначены для мокрой очистки загрязненного воздуха от пыли, кроме цементирующейся и волокнистой.

Циклоны типа ЦН-15 являются наиболее универсальным типом циклонов. Они предназначены для сухой очистки газов, выделяющихся при некоторых технологических процессах (сушке, обжиге, агломерации, сжигании топлива и т. д.), а также аспирационного воздуха в различных отраслях промышленности (черной и цветной металлургии, химической, нефтяной и машиностроительной промышленности,

промышленности строительных материалов, энергетике и т. д.). Применение циклонов типа ЦН-15 недопустимо в условиях взрывоопасных сред; они не рекомендованы также для улавливания сильнослипающихся пылей, особенно при малых диаметрах циклонов.

Циклоны ЦН-11 предназначены для отделения от газообразной среды взвешенных частиц сухой пыли, образующейся в различных помольных и дробильных установках, при транспортировке сыпучих материалов, а также летучей золы.

Циклоны типа СИОТ. Сухие циклоны типа СИОТ предназначены для грубой и средней очистки воздуха и газов от неслипающейся неволокнистой пыли.

Конструкция циклона СИОТ характеризуется отсутствием цилиндрической части корпуса и треугольной формой входного патрубка. Этот циклон по эффективности не уступает циклону ЦН-15. Циклоны устанавливаются как на всасывающей, так и на нагнетательной стороне вентилятора. При очистке воздуха от абразивных пылей нижнюю часть циклона необходимо бронировать корунд-цементом. Конструкциями предусмотрено несколько типов выхода воздуха из циклона:

- раскручиватель с винтовой крышкой;
- раскручиватель - плоский щит;
- шахта с колпаком.

Степень улавливания пыли в значительной степени зависит от размера частиц и конструкции циклона, и увеличивается по мере возрастания нагрузки загрязняющим веществом: для стандартных отдельных циклонов данная величина ориентировочно равна 70–90 % для общего количества взвешенных частиц 30-90 %.

Основные условия эксплуатации циклонов:

необходимо следить, чтобы в конической части циклона не накапливалась пыль (для ее сбора под циклоном предусмотрен специальный бункер);

подсос воздуха в нижней части циклона недопустим. Бункер для сбора пыли должен быть герметичным. Спуск пыли из бункера осуществляется через патрубок с двойным затвором-мигалкой, отрегулированной так, чтобы клапаны работали поочередно.

Стандартные конструкции циклонов могут работать при температуре газа не выше 400 °С и давлении (разрежении) не более 2,5 кПа.

При работе на газе с высокой температурой циклоны внутри футеруют огнеупорными плитками, а выхлопную трубу выполняют из жаропрочной стали или керамики. При низкой наружной температуре минимальная температура стенки циклона должна превышать температуру точки росы не менее чем на 20- 25 °С. Для обеспечения этого условия стенки циклонов в ряде случаев покрывают снаружи теплоизоляцией.

Начальная концентрация для неслипающихся пылей в циклонах диаметром 800 мм и более допускается до 400 г/м^3 . Для слипающихся пылей и циклонов меньших размеров концентрация пыли должна быть в 2–4 раза ниже.

Циклон должен работать с постоянной газовой нагрузкой. При значительных колебаниях расхода должны устанавливаться группы циклонов с возможностью отключения отдельных элементов.

Рекомендуется установка циклонов перед вентиляторами, чтобы последние работали на очищенном газе и не подвергались абразивному износу.

Циклоны наиболее эффективны при высоких скоростях воздуха, малых диаметрах и большой длине цилиндра. Скорость воздуха в циклоне составляет от 10 м/с до 20 м/с, а средняя скорость – около 16 м/с. Колебания значения скорости (снижение скорости) приводят к резкому снижению эффективности очистки.

Эффективность улавливания может быть увеличена при увеличении:

размера частиц и/или плотности;

скорости во впускном канале;

длины корпуса циклона;

числа оборотов газа в циклоне;

отношения диаметра корпуса циклона к диаметру выходного отверстия;

гладкости внутренней стенки циклона.

Эффективность снижается при:

увеличении вязкости газа;

увеличении диаметра камеры циклона;

увеличении плотности газа;

увеличении размеров канала на входе газа;

утечке воздуха в выходное отверстие для пыли.

Требования к техническому обслуживанию циклонов невысоки: должен быть обеспечен легкий доступ для обследования циклона на предмет эрозии или коррозии.

Степень улавливания частиц пыли размером 0,01–0,02 мм в циклонах и эффективность очистки при использовании циклонов представлена в таблице 5.10.

Таблица 5.10. Эффективность очистки при использовании циклонов

| № | Дисперсность частиц | Теоретическая эффективность очистки |
|---|------------------------|-------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Более 20 μm | $\approx 99 \%$ |
| 2 | Более 10 μm | $\approx 95 \%$ |
| 3 | Более 5 μm | $\approx 80 \%$ |

Уровень производительности циклона может быть определен путем мониторинга концентрации твердых частиц в потоке входящего и выходящего газа, используя изокинетический зонд для отбора проб или измерительный прибор на основе УФ, бета-лучей.

ОАО "Лебединский ГОК" для очистки отходящих газов от твердых веществ применяет высокоэффективный сухой циклон с последующим мокрым обеспыливанием с КПД очистки 99,48 % [54].

На объектах предприятия АО "ССГПО" используются циклоны ЦН-11, ЦН-15 для участка по обжигу окатышей с эффективностью улавливания частиц пыли 96,5 %.

Кросс-медиа эффекты

Дополнительный расход энергии 0,25–1,5 кВт ч/1000 Нм³. Необходимость утилизации остатков пыли, если повторное использование/рециркуляция невозможны. Отсутствие соответствующего обслуживания циклона, защиты от абразивного износа может привести к дополнительным выбросам.

Технические соображения, касающиеся применимости

При проектировании подводящих газопроводов к циклонам следует обеспечить равномерное распределение газопылевого потока на входе в циклон за счет выполнения прямолинейных участков непосредственно перед входным патрубком или установки специальных устройств, например, направляющих лопаток, распределяющих поток по сечению газопроводов. Резкие повороты на отводящих газопроводах в непосредственной близости от циклонов могут отрицательно влиять на равномерность распределения газов в циклонах и увеличивать сопротивление аппаратов, поэтому их следует избегать. Для установки с переменным расходом газов, например, в котельных металлургических заводов с различной производительностью летом и зимой, предусматривается использование нескольких групповых или одиночных циклонов, снабженных откачивающими устройствами.

Установка одиночных и групповых циклонов производится вертикально, так, чтобы пылевыпускное отверстие было обращено к низу.

В некоторых случаях допускается горизонтальное расположение одиночных циклонов. В этом случае бункер должен иметь специальную конструкцию.

В большинстве случаев циклоны применяются в качестве предварительных очистителей для более эффективных систем, таких как рукавные фильтры и электрофильтры ввиду низких показателей эффективности, которые как правило не отвечают нормам загрязнения воздуха. Широко используются после операций дробления, измельчения, а также процессов распылительной сушки, при предварительной подготовке сырья.

Требуется наличие сухого сжатого воздуха (обычно решается установкой компрессора необходимой производительности вблизи фильтра и

фильтра-влагомаслоотделителя. Для очистки газов от абразивной пыли, вызывающей износ крыльчаток вентиляторов, циклоны следует устанавливать перед вентиляторами [55].

Экономика

Циклоны для очистки отходящих газов с низкой концентрацией твердых частиц будут несколько дороже, чем большая установка для очистки потока отработанного газа с высокой концентрацией. Поэтому экономия зависит от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов пыли.

Экономия сырья, если пыль может быть возвращена в процесс.

Экологическое законодательство.

5.5.2.4. Гибридный рукавный фильтр (электрофильтр + рукавный фильтр)

Описание

Сущность комбинированного метода очистки промышленных твердых газовых выбросов заключается в применении одновременно двух и более (электрофильтр + рукавный фильтр) методов очистки для достижения максимального эффекта. Выбор методов очистки для комбинирования зависит от особенностей промышленных выбросов и используемого технологического оборудования.

Техническое описание

Главное отличие современных электрофильтров – их "гибридность". Они оба частично электрические, частично – рукавные. Это целый комплекс, в котором дополнительно установлены компрессорная и насосная станции, пылевая камера оснащена газораспределительным коробом и системой притока холодного воздуха.

Во всем мире "гибридная" технология считается передовой в плане очистки промышленных газовых выбросов от пыли, поэтому замену электрофильтров на промышленных предприятиях следует в первую очередь расценивать как важное природоохранное мероприятие. Гибридные фильтры представляют собой объединение электрофильтров с рукавными фильтрами в одном устройстве. Они в основном являются результатом модернизации существующих электрофильтров и позволяют повторно использовать часть старого оборудования.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение выбросов пыли путем модернизации ГОУ, замены электрофильтров на гибридные фильтры.

Существенное снижение выбросов в атмосферный воздух.

Снижение использования воды в сравнении с электрофильтром.

Сниженное количество производственных потерь/отходов в сравнении с рукавным фильтром.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Эффективность очистки нового оборудования (гибридных рукавных фильтров), установленных на печах спекания АО "Алюминий Казахстана" составляет около 99,99 % или примерно $1,5 \text{ мг/м}^3$ выбросов пыли. Реализация этого прорывного и перспективного проекта позволит при стабильном поддержании производственных показателей постепенно снизить выбросы пыли на 2 376 тонн в год [9].

Таблица 5.11. Параметры гибридных фильтров

| № п/п | Наименование параметра | Значение |
|-------|---|----------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Поток газа | 156 000 Нм ³ /ч |
| 2 | Температура отходящих газов | до 425 °С |
| 3 | Дымосос | 500 кВт |
| 4 | Разрежение | 50 мбар |
| 5 | Поверхность рукавов (длина) | 6м. |
| 6 | Содержание твердых частиц (пыли) после печи, вход в гибридный фильтр | 2200 мг/Нм ³ |
| 7 | Прогнозируемый результат содержания твердых частиц (пыли) на выходе после очистки | 50 мг/Нм ³ |
| 8 | Достигнутый результат | <1,5 мг/Нм ³ |

Кросс-медиа эффекты

Высокая температура газов, необходимость аварийного отсечения всплесков температуры, сложный и переменчивый алгоритм запуска и останова печи.

Риск взрыва возникает в случае высокой концентрации СО.

Технические соображения, касающиеся применимости

Технические решения применимы в производстве алюминия.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Существенное сокращение выбросов пыли. Высокий социальный эффект для жителей. Требования законодательства.

5.5.2.5. Электрофильтры

Описание

Метод основан на ударной ионизации газа в зоне коронирующего разряда. При этом происходит передача заряда ионов частицам примесей и осаждение этих частиц на осадительных и коронирующих электродах. Работа электрофильтра основана на процессе осаждения электрически заряженных частиц пыли в электрических полях.

Техническое описание

Электрофильтр – это устройство, в котором очистка газов от аэрозольных, твердых или жидких частиц происходит под действием электрических сил. В результате действия электрического поля заряженные частицы выводятся из очищаемого газового потока и осаждаются на электродах.

Электрическая зарядка частиц осуществляется в поле коронного разряда, возникающего в электрическом поле между коронирующими (высоковольтными) и осадительными (заземленными) электродами. Электрофильтр состоит из стального корпуса, в котором размещается механическое оборудование – активная часть электрофильтра.

Корпус электрофильтра имеет прямоугольное сечение, к торцам которого крепятся: на входе газа – диффузор, на выходе газа – конфузор. В нижней части корпуса расположены бункеры для сбора и удаления уловленной пыли. Корпус снаружи покрыт теплоизоляцией и профилированным листом для защиты его от охлаждения и влаги.

Коронирующие электроды подключены к высоковольтному источнику питания постоянного тока. Осадительные электроды заземлены. Для питания электрофильтра постоянным током высокого напряжения могут использоваться агрегаты питания, преобразующие переменный ток напряжением 380/220 в постоянный, напряжением от 50 до 150кВ.

Выпрямленный ток высокого напряжения от агрегатов питания подается к коронирующим электродам электрофильтра. При подаче тока высокого напряжения на коронирующие электроды между коронирующими и осадительными электродами возникает электрическое поле, напряженность которого можно изменять путем регулирования напряжения питания.

При увеличении напряжения до определенной величины между электродами образуется коронный разряд, в результате чего возникает направленное движение заряженных частиц к электродам. Для встряхивания пыли с электродов используются молотки, закрепленные на горизонтальном валу веерообразно, по одному на каждый осадительный электрод.

После удара молотка по наковальне импульс от удара передается на все элементы осадительного электрода. Уловленная пыль с осадительных элементов осыпается в нижнюю часть электрофильтра (бункер). Далее пыль удаляется шнеком, пневмо насосами в накопительный бункер. Он снабжен устройствами, состоящими из газораспределительных решеток, газоотсекающих листов, щитов и газоотсекателей.

Преимущества электрофильтров:

возможность работы при высоких температурах до 425 °С;

работа установки в среде перенасыщенной влагой;

возможность работы электрофильтра в агрессивных средах;

возможность продолжительной работы установки за пределами технологических параметров, предусмотренными картой эксплуатации;

низкое гидравлическое сопротивление установки ~200 Па;
низкие эксплуатационные расходы;
простота в обслуживании;
высокая надежность узлов и механизмов.

Процесс улавливания взвесей в электрофильтре можно условно разделить на несколько этапов:

зарядка взвешенных частиц;
движение заряженных частиц к электродам;
осаждение заряженных частиц на электродах;
регенерация электродов – удаление с поверхности электродов уловленных частиц;
удаление уловленной пыли из бункерной части электрофильтра.

При подборе электрофильтра производят расчет на основе практических данных о допустимой скорости очищаемых газов в электрическом поле электрофильтра. Исходя из этого и заданного расхода определяют площадь рабочего (активного) сечения электрофильтров. Конструкцию электрофильтра выбирают также на основании эксплуатационного опыта, исходя из условия обеспечения максимальной степени очистки газового потока. По требуемой площади активного сечения и выбранного электрофильтра определяют необходимое число электрофильтров. Конструкция электрофильтра показана на рисунке ниже.

Основной принцип работы мокрых электрофильтров заключается в охлаждении неочищенного газа в трубопроводе путем впрыска циркуляционной воды до точки насыщения и прохождении его в фильтр. Там он равномерно распределяется по всей поверхности сечения фильтра. Далее в газоочистителе сепарируются пыле- и газообразные органические соединения.

Эффективность очистки газов электрофильтрами изменяется от 96 до 99,7 % и зависит от ряда факторов физико-химических параметров пылегазового потока, скорости и времени пребывания газа в электрофильтрах, конструкции электродной системы, электрического режима работы электрофильтров, режима встряхивания электродов.

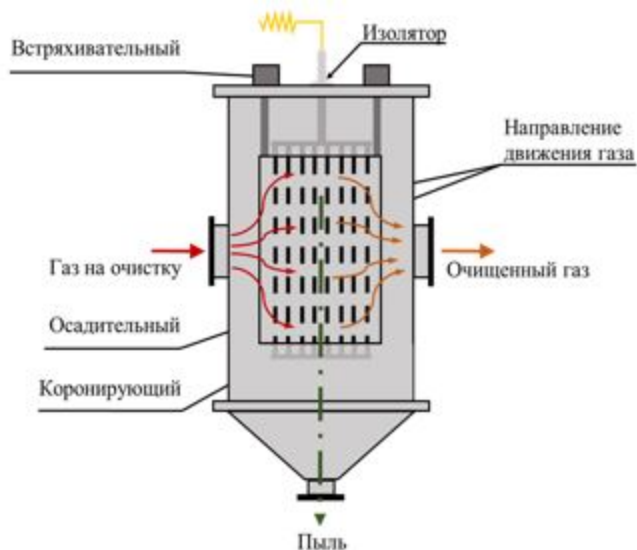


Рисунок 5.13. Принцип работы электрофильтра

Достигнутые экологические выгоды

Снижение выбросов в атмосферу. Возможность рециркуляции (повторное использование уловленной пыли). Снижение нагрузки загрязняющих веществ, направляемых на окончательную очистку отходящих газов.

Таблица 5.12. Эффективность очистки и уровни выбросов, связанные с использованием электрофильтров

| № п/п | Загрязняющее вещество | Эффективность очистки, % | Примечание | |
|-------|-----------------------|--------------------------|--|--|
| | | | Сухой фильтр | Мокрый фильтр |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | <1 мкм | >96,5 | Зависит от конфигурации и условий эксплуатации | Зависит от конфигурации и условий эксплуатации |
| 2 | 2мкм | >98,3 | Очистка до <20мг/нм ³ | Очистка до <20 мг/нм ³ |
| 3 | 5мкм | >99,95 | Зависит от конфигурации и условий эксплуатации | Зависит от конфигурации и условий эксплуатации |
| 4 | >10мкм | >99,95 | Зависит от конфигурации и условий эксплуатации | Зависит от конфигурации и условий эксплуатации |

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Электрофильтры большого размера совместно с системой кондиционирования обеспыливаемых газов при оптимизации режима работы могут снизить среднеемесячное пылевыведение до 5–15 мг/Нм³ (сухой газ, 273 К, 10 % O₂). Проектная эффективность

обеспыливания в таких электрофильтрах – выше 99,99 %, поэтому выбросы пыли имеют небольшую величину, всего несколько мг/Нм³. Электрофильтры весьма эффективны для улавливания ультрамелких частиц (<0,5 мкм), придающих частицам способность агломерироваться. Электрофильтры являются мощным и эффективным оборудованием, относительно интенсивно распространенным в технологическом процессе. Существующие электрофильтры часто могут быть усовершенствованы без полной замены, что снижает стоимость работ по модернизации. Эта модернизация может касаться монтажа более современных электродов или автоматического контроля напряжения на старых установках. В дополнение можно улучшить прохождение газа через электрофильтр или установить дополнительные секции. Электрофильтры с выбросами менее 10 мг/нм³ могут быть построены с применением современных средств контроля процесса, высокого напряжения на электродах, соответствующих размеров и необходимого количества полей. Кроме пыли электрофильтры удаляют вещества, адсорбированные на частицах пыли, такие как диоксины и металлы при их наличии в пыли. Размер и потребление электрической энергии электрофильтров растет экспоненциально со снижением содержания пыли в очищенном газе. Оптимальная работа электрофильтра зависит от температуры и влажности обеспыливаемого газа. Продолжительность работы электрофильтра может достигать нескольких десятилетий при обеспечении всех рекомендуемых условий обслуживания и ремонта. Некоторые части (молотки, подшипники) необходимо регулярно менять после нескольких лет эксплуатации как часть периодического обслуживания и ремонта.

Электрофильтры широко применяются в странах по всему миру, особенно в странах СНГ, США, Китае, Австралии и др., к примеру, в России внедрены на Череповецком металлургическом заводе, в Китае Zhuji Kulun Environmental Technology Co., Ltd, Kleanland, Xinhai, Yantai Jinpeng Mining Machinery с эффективностью очистки от пыли до 95–97 %.

На Магнитогорском металлургическом комбинате установлен электрофильтр системы аспирации шихтоподачи доменной печи № 6 в аспирационных системах, каждая из которых имеет производительность более 1 млн м³/час, электрофильтры обеспечивают проектную эффективность очистки воздуха до 98–99 %.

Основные преимущества электрической очистки газов следующие:

широкий диапазон производительности – от нескольких м³/час до миллионов м³/час;

эффективность очистки от пыли варьирует от 96,5 % до 99,95 %;

гидравлическое сопротивление – не более 0,2 кПа (является основной причиной низких эксплуатационных затрат);

электрофильтры могут улавливать сухие частицы, капли жидкости и частицы тумана;

в электрофильтрах улавливаются частицы размером от 0,01 мкм (вирусы, табачный дым) до десятков микрон.

В Качканарском горно-обогатительном комбинате (ОАО "Ванадий", входит в "Евраз Групп") завершена реализация инвестиционного экологического проекта по оснащению газоочистными установками двух действующих на предприятии комплексов по производству агломерата (сырья для изготовления чугуна). В цехе агломерации пущен в эксплуатацию современный электрофильтр, который позволит каждый час очищать до 1 миллиона кубометров отходящих газов с высокими качественными показателями. Удельные выбросы в атмосферу сократились более чем в 2,5 раза: с 23 до 9 кг на тонну готовой продукции.

На фабрике окомкования при обжиге окатышей на Лебединском ГОКе проведена модернизация системы газоочистки, скрубберы в системе аспирации заменены на электрофильтры. Эффективность пылеочистки достигает 99 %.

Электрофильтры ЭГБМ успешно эксплуатируются на предприятиях России, стран СНГ, Финляндии, Швеции, Ирландии.

Кросс-медиа эффекты

При выполнении работ по обслуживанию электрофильтра могут появиться дополнительные отходы. Необходимость утилизации пыли, если она не может быть повторно использована. Повышается риск увеличения концентрации СО. Потребление электрической энергии увеличивается с повышением эффективности пылеулавливания.

Технические соображения, касающиеся применимости

Вследствие их высокой эффективности, низкого гидравлического сопротивления, высокой работоспособности и энергетической эффективности электрофильтры стали наиболее успешными установками для улавливания пыли из отходящих газов вращающихся печей и клинкерного холодильника. Но в настоящее время для новых современных установок устанавливаются рукавные фильтры как для печей, так и для холодильников в связи с их лучшими экологическими характеристиками (например, относительно высокие выбросы при запуске и остановке печей, а также при нарушении работы печей при использовании электрофильтров) и в меньшей степени риском взрыва электрофильтров в случаях высоких концентраций СО.

Электрофильтры могут быть использованы почти в каждой цементной печи для удаления пыли из отходящих газов, системы байпаса и воздуха из колосникового холодильника.

Основным недостатком электрофильтров являются высокая стоимость, сложность эксплуатации, высокая чувствительность процесса электрической фильтрации газов к отклонениям от заданных параметров технологического режима, состава пыли, а также к незначительным механическим дефектам в активной зоне аппарата. Также следует учитывать, что при эксплуатации электрофильтров неизбежно возникновение искровых разрядов. В связи с этим электрофильтры не применяют, если очищаемый газ

представляет собой взрывоопасную смесь или такая смесь может образоваться в ходе процесса в результате отклонения от нормального технологического режима.

Применение электрофильтров имеет свои ограничения, поэтому их нельзя использовать при очистке газов, которые в своем составе имеют взрывоопасную смесь. Ведь при очистительном процессе в электрофильтре могут возникнуть искровые разряды [56].

Экономика

Широкий диапазон стоимости зависит от местных производственных условий, стоимости сооружения и размера печи и электрофильтра. Стоимость установки и эксплуатации обычно низкая, поэтому в каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства. Сокращение выбросов пыли с возможностью ее повторного использования. Экономия сырья, если пыль может быть возвращена в процесс. Требования к рабочему месту для сохранения здоровья.

5.5.2.6. Керамические и металлические мелкоячеистые фильтры

Описание

С точки зрения принципов работы, общего устройства и возможностей очистки мелкоячеистые керамические фильтры похожи на рукавные фильтры. Вместо тканевых рукавов на металлическом каркасе в них используются жесткие фильтрующие элементы, по форме напоминающие свечу.

Техническое описание

С помощью таких фильтров удаляются мелкодисперсные частицы, в том числе РМ₁₀. Фильтры имеют высокую термостойкость, и зачастую именно корпус фильтра определяет верхнюю границу рабочей температуры. Расширение опорной конструкции в условиях высоких температур также является важным фактором, поскольку при этом нарушается герметичность элементов фильтра в корпусе, что приводит к просачиванию неочищенного газа в поток очищенного. Системы обнаружения отказов в режиме реального времени используются аналогично рукавным фильтрам. Керамические и металлические сетчатые фильтры не такие гибкие, как рукавные. При очистке таких фильтров продувкой мелкая пыль не удаляется с той же эффективностью, как из рукавного, что приводит к накоплению тонкой пыли внутри фильтра и таким образом – уменьшению его производительности. Это происходит за счет накопления сверхтонкой пыли. Керамические фильтры производятся из алюмосиликатов и могут быть покрыты слоем различных фильтрующих материалов для улучшения химической или кислотной устойчивости, или для фильтрации других загрязняющих веществ. С фильтрующими элементами относительно легко обращаться, когда они новые, но после того, как они подвергнутся воздействию высоких температур, они становятся хрупкими, и их можно

случайно повредить во время обслуживания или при неосторожных попытках очистки. Наличие липкой пыли или смолы представляет потенциальную проблему, поскольку их сложно извлечь из фильтра при обычной очистке, что может привести к падению давления. Эффект воздействия температуры на фильтрующий материал накапливается, поэтому он должен быть учтен при проектировании установки. При применении соответствующих материалов и 199 конструкции можно добиться очень низкого уровня выбросов. Снижение уровня выбросов является важным фактором, поскольку пыль содержит большое количество металлов. Аналогичную результативность в условиях высоких температур также имеет и модернизированный металлический сетчатый фильтр. Развитие технологий обеспечивает быстрое образование пылевой корки после проведения очистки, когда соответствующая зона была выведена из эксплуатации. Надлежащим образом спроектированные и изготовленные фильтры подходящие под конкретные условия эксплуатации размера должны обладать следующими параметрами. Корпус, арматура и система уплотнения соответствуют выбранным условиям применения, надежны и термостойки. Непрерывный контроль пылевой нагрузки осуществляется с помощью отражающих оптических или трибоэлектрических устройств с целью обнаружения отказов фильтра. Устройство должно по возможности взаимодействовать с системой очистки фильтра для определения отдельных секций с изношенными или поврежденными элементами. В случае необходимости требуется соответствующая подготовка газа. Для контроля состояния устройств очистки можно измерять перепады давления. Из-за вероятности при некоторых условиях засорения фильтрующего материала (например, клейкой пылью или при температуре воздушных потоков, близкой к точке росы) эти методы не подходят для любых условий эксплуатации. Они могут применяться в существующих керамических фильтрах и быть модифицированы. В частности, система уплотнения может быть усовершенствована во время планового обслуживания.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов пыли, металлов и других соединений.

Кросс-медиа эффекты

Потребление электрической энергии увеличивается с повышением эффективности пылеулавливания. Образование сточных вод, требующих дальнейшей обработки для предотвращения сброса металлов и других веществ в водные объекты.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо при модернизации и новом строительстве.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна, но процессы работают экономично.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов пыли. Экономия сырья, если пыль может быть возвращена в процесс.

5.5.2.7. Применение фильтров с импульсной очисткой

Описание

Импульсный рукавный фильтр предназначается для очищения воздушных масс от различных мелкодисперсных пылевых скоплений. В этих приборах вмонтирована система регенерации импульсного продувания сжатыми воздушными массами. В качестве очистительного элемента выступают рукава на металлических опорах.

Техническое описание

Для предотвращения падения эффективности очистки из-за накопления слоя пыли на поверхности рукава применяется импульсная продувка рукавных фильтров. Ее использование обеспечивает регенерацию работоспособности оборудования и исключение снижения эффективности очистки.

Описание конструктивных элементов делает понятным принцип работы рукавного фильтра.

Запыленный поток подводится во входной клапан аппарата. В зависимости от имеющейся инфраструктуры могут использоваться вспомогательные элементы – пневмонасосы, компрессоры, напорные вентиляторы, иные нагнетатели. В случае обработки высокотемпературного потока может быть реализовано подмешивание в фильтр чистого прохладного / атмосферного воздуха.

Воздухоток контактирует с внешней поверхностью плотных нетканых рукавов, при этом частички пыли оседают снаружи мешков, в то время как чистый воздух проходит внутрь каркасов и попадает в чистую камеру, откуда выводится в производственное помещение или во внешнюю атмосферу.

По мере оседания пылевых включений на поверхности рукавов, воздуху становится все сложнее "пробиться" сквозь нарастающую механическую преграду, и производительность аппарата падает – необходима регенерация рукавов.

В зависимости от имплементированной системы регенерации производится обратная импульсная продувка, встряхивание или другое воздействие на фильтр-элементы, что позволяет освободить их поверхность от пыли и восстановить номинальный КПД устройства.

Пыль опадает в бункер, цикл повторяется.

Все пылеулавливатели выгодно отличаются следующим диапазоном технических характеристик:

- производительность по среде – до 100 000 м³/час;
- дисперсность / размер улавливаемой пыли > 0.5 мкм;
- работа с воздухопотоками любой степени запыленности;

ударный импульсный метод самоочистки рукавов – бесперебойность, высокая скорость и эффективность удаления пыли с картриджами благодаря использованию плоских сопел Вентури специальной конструкции;

фильтрующий материал – нетканое иглопробивное волокно;

возможность обработки потоков с температурой до 200 °С;

автоматизация системы управления аппаратом через электронный контроллер;

опционально – установка контроллер-совместимого дифференциального манометра для управления агрегатом;

опционально – установка вибросистемы на пылесборный бункер для исключения налипания на стенки высокоадгезионной пыли (возможно оборудование бункера шнеком для непрерывной выгрузки пыли);

надежность, компактность и долговечность.

Пример применения фильтров с импульсной очисткой: Китай, Россия, Австралия. К примеру, в Австралии внедрены на предприятиях "Vulga Coal" с эффективностью очистки от пыли 85 %.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов пыли.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Эффективность обеспыливания – до 99.9 % (при соблюдении правил эксплуатации и надлежащей наладке / настройке фильтра).

Кросс-медиа эффекты

Сведения отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов пыли.

5.5.2.8. Каталитический термический окислитель

Описание

Каталитическое окисление – очень эффективный метод очистки выбросов, содержащих ЛОС. Каталитический окислитель представляет собой тип оборудования для контроля выбросов загрязняющих веществ, который предназначен для уменьшения промышленных выбросов, насыщенных большим количеством ЛОС.

Техническое описание

Каталитический окислитель работает на основе повышения температуры потока промышленных выбросов до точки, в которой химические связи, удерживающие молекулы ЛОС вместе, разрушаются (окисляются) при помощи катализатора на основе драгоценных металлов.

ЛОС из технологического потока выбросов преобразуются в диоксид углерода (CO_2), воду (H_2O) и тепловую энергию. В каталитическом окислителе рабочая температура процесса существенно ниже, чем при прямом термическом окислении, и в сочетании с тепловой энергией, получаемой от переработки ЛОС, система может стать самоподдерживающейся и требующей минимального вспомогательного топлива для поддержания рабочего процесса.

Катализатор представляет собой вещество, которое ускоряет скорость химической реакции ЛОС. При этом расход катализатора на поддержание химической реакции отсутствует. Процесс каталитического окисления, который помимо снижения расхода топлива также работает при более низкой температуре, сводит к минимуму образование оксида азота. Снижение образования оксида углерода (CO) и минимизация образования оксида азота (NO) очень важны, так как выбросы данных веществ в атмосферу регламентируются так же строго, как и выбросы ЛОС. Структурная схема каталитического термического окислителя показана на рисунке ниже [57].

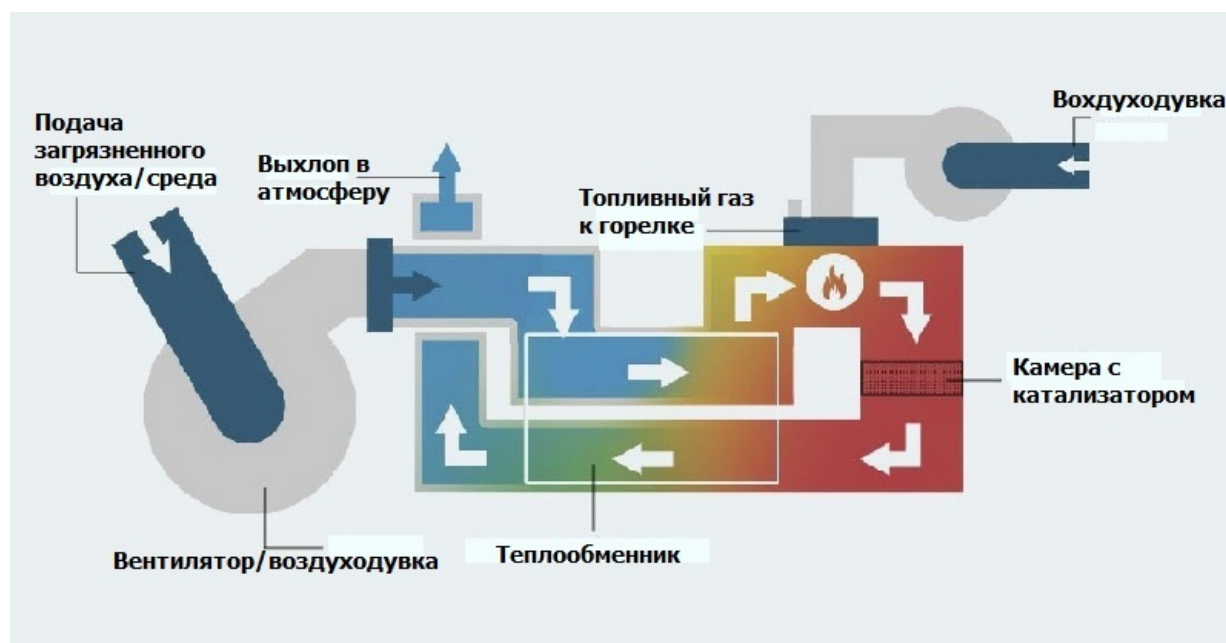


Рисунок 5.14. Структурная схема каталитического термического окислителя

Достигнутые экологические выгоды

Уничтожает более 99 % опасных газов.

Работает полностью автоматически.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Каталитический окислитель имеет относительно быстрое время прогрева и может работать в течение более коротких периодов (непрерывных циклов, не превышающих 24 часа), не оказывая неблагоприятного влияния на общий срок службы оборудования и его компонентов. Кроме того, при относительно низкой загрузке ЛОС, использование

каталитических систем может снизить общие годовые эксплуатационные расходы по сравнению с термическим окислителем прямого сгорания, регенеративным термическим окислителем или рекуперативным термическим окислителями. Ячейки катализатора можно использовать в окислителях прямого действия, рекуперативных окислителях или РТО.

В результате использования более низких рабочих температур каталитический окислитель обычно потребляет меньше энергии.

Более низкая рабочая температура приводит к образованию меньшего количества оксида азота (NO).

Беспламенное окисление.

Занимает меньше места, по сравнению с другими типами оборудования.

Более низкие эксплуатационные расходы.

КПД до 99,99 %.

Наиболее быстрое введение в эксплуатацию.

Кросс-медиа эффекты

При эксплуатации каталитического термического окислителя используют катализаторы, которые со временем деактивируются и должны заменяться каждые 4–5 лет, что увеличивает эксплуатационные расходы. Применение каталитического окисления не приводит к образованию других отходов.

Технические соображения, касающиеся применимости

Каталитическое окисление работает аналогично другим термическим технологиям (таким как каталитические нейтрализаторы оксида азота или каталитические термические окислители) для очистки выбросов ЛОС. Отличие от других систем заключается в том, что газ направляется в керамический слой для получения тепла, которое будет использоваться для окисления непосредственно после прохождения через зону пламени.

Каталитическое окисление разрушает ЛОС, превращая их в CO_2 и H_2O в реакторе каталитического окисления. Процесс проводят в присутствии катализатора в камере сгорания, где ЛОС разрушается при температурном диапазоне 250–350 °С, значительно ниже тех, которые используются при регенеративном термическом окислении.

Каталитическое окисление имеет тепловую эффективность более 98 % и не потребляет газ при достижении автотермической точки. Это идеальный метод для низких или средних воздушных потоков ($1000\text{--}30\,000\text{ Нм}^3/\text{ч}$) при средней или низкой концентрации ЛОС ($0,1\text{--}10\text{ г/Нм}^3$), при этом имеет низкие эксплуатационные расходы.

В качестве катализаторов обычно используются благородные металлы (платина, палладий, серебро или золото, сплавы с титаном, родием, осмием или иридием), нанесенные на керамическую основу, или оксиды металлов (оксиды ванадия, хрома, марганца, железа, кобальта, никеля или меди и др.). Катализаторы на основе

благородных металлов обладают более высокой активностью, чем катализаторы из оксидов металлов, хотя и обладают более низкой устойчивостью к загрязнениям.

Металлооксидные катализаторы используются для окисления газов, содержащих хлорированные соединения. Катализаторы на основе платины (как и используемые при каталитическом окислении аммиака) активны при окислении ЛОС, содержащих серу, хотя они быстро дезактивируются в присутствии хлора.

Наличие вредных для катализаторов веществ в обрабатываемом газе оказывает существенное влияние на срок их полезного использования. Вредными для катализаторов веществами являются фосфор, мышьяк, галогены, свинец, сера и кремний, и др. Газовые потоки с этими веществами должны быть удалены путем предварительной обработки, иначе они не будут пригодны для каталитического окисления.

Каталитическое окисление диоксида серы, метана, алканов или монооксида углерода требует различных подходов в зависимости от источника выбросов [58].

Основные недостатки каталитических методов – в сравнительно высокой стоимости, недостаточной активности, селективности и механической прочности гетерогенных катализаторов при очистке реальных газовых выбросов.

Каталитические процессы очистки газов в отличие от рассмотренных ранее поглотительных методов основываются не на извлечении нежелательных примесей из газовых потоков, а на их превращении в соединения, присутствие которых в газовом потоке допустимо, или в соединения, последующее извлечение которых осуществляется значительно легче, чем примесей, первоначально присутствующих в газе.

Экономика

Низкие эксплуатационные расходы и расходы на техническое обслуживание.

Простая установка и оборудование внутри 20-или 40-футового контейнера.

Эксплуатационные расходы ниже, чем у других технологий обработки ЛОС.

Движущая сила внедрения

Требование экологического законодательства.

5.5.2.9. Сухая сорбционная очистка газов ABART

Описание

Сухая сорбционная очистка газов основана на адсорбции фтористого водорода глиноземом, служащим сырьем для получения алюминия. Глинозем, получаемый в промышленных условиях, содержит ряд модификаций оксида алюминия, среди которых наименьшей активностью по отношению к фтористому водороду характеризуется альфа- Al_2O_3 наибольшей – гамма- Al_2O_3 . Содержание альфа - Al_2O_3 в глиноземе как правило не превышает 30 %. Это обуславливает достаточную сорбционную активность глинозема по отношению к фтористому водороду [8].

Техническое описание

Технология, разработанная фирмой "Alstom", носит название "ABART" и представляет собой двухступенчатый процесс, выполненный по принципу противотока. Свежий глинозем подается в рукавный фильтр, где контактирует с газом, имеющим низкую концентрацию фторидов после процесса, происходящего в реакторе. В реакторе газ, имеющий более высокую концентрацию фторидов, взаимодействует с частично обогащенным глиноземом, подаваемым из рукавного фильтра. Глинозем, введенный из стадии фильтрации, по-прежнему имеет высокую адсорбционную способность. Реактор спроектирован как реактор для высокой концентрации адсорбента и эффективного уменьшения концентрации фторидов в газе до подачи на фильтры, что достигается путем контролируемой рециркуляции глинозема в реакторе. Процесс "ABART" обеспечивает повышенное использование адсорбционной способности глинозема и снижение концентрации фторидов в газе. Важной особенностью процесса является процесс низкоскоростного динамического отделения глинозема от газового потока между реактором и фильтром. Большая доля глинозема, поступающего из реактора, отделяется от газового потока и поступает в бункер фильтра, откуда она может рециркулироваться обратно в реактор. Это существенно сокращает объем обогащенного глинозема, контактирующего с рукавными фильтрами. Такая особенность приводит к понижению потери давления в рукавном фильтре и увеличению срока службы рукавных фильтров. Очистка рукавных фильтров осуществляется по принципу очистки одного ряда за другим в каждом модуле запатентованной импульсной системой среднего давления ОРТИРОВА. Данная система подает импульс в верхнюю часть рукавного фильтра, после чего импульс на высокой скорости проходит непосредственно в рукав, и в результате деформации ткани происходит сепарация (отделение) глинозема с поверхности рукава. Удаленный глинозем сразу же осаждается на поверхность того же рукава на более низком уровне или на другой рукав. Глинозем, находящийся на нижней части рукавов, падает в бункер фильтра. Благодаря этой системе на рукавах постоянно имеется лепешка глинозема, обеспечивающая повышение эффективности и защиту рукава от износа, что является преимуществом перед другими системами встряхивания, при которых происходит полное удаление глинозема с поверхности рукавного фильтра. Схема очистки газов по технологии "ABART" показана на рисунке ниже.

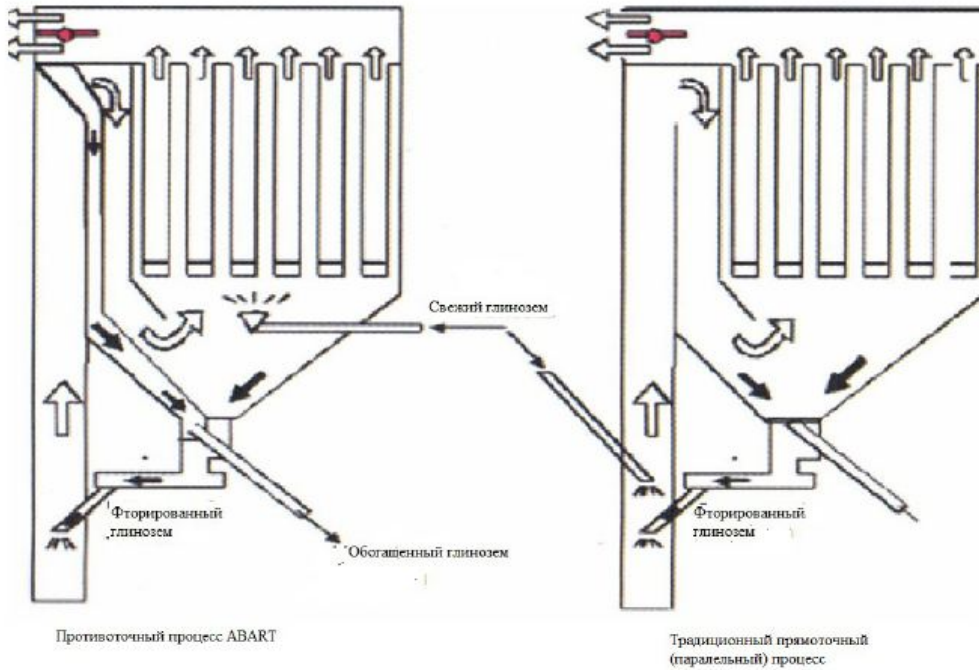
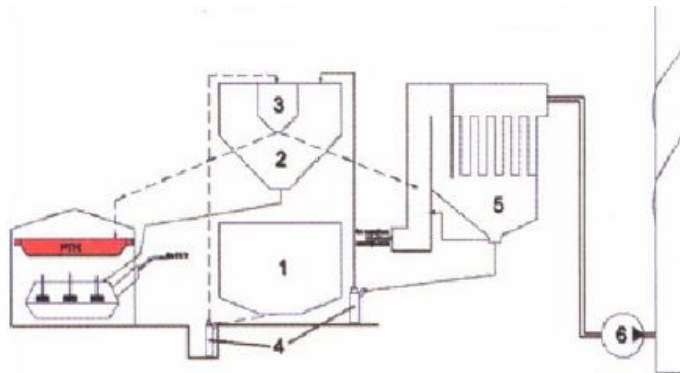


Рисунок 2 – Схема очистки газов по технологии ABART

Рисунок 5.15. Схема очистки газов по технологии "ABART"



- 1 – силосный склад глинозема – 2000 т; 2 – Силос фторированного глинозема – 1500 т;
 3 – Промежуточный силос свежего глинозема – 150 т;
 4 – Аэролифт; 5 – Реактор – фильтр; 6 – Дым-труба

Рисунок 1 – Аппаратурно-технологическая схема очистки газов

Рисунок 5.16. Аппаратурно-технологическая схема очистки газов

Для технологии газоочистки глинозем должен удовлетворять дополнительным требованиям к физическим свойствам в соответствии с таблицей 5.13.

Таблица 5.13. Глинозем (из требований фирмы Альстом – Норвегия) [8]

| № п/п | Показатель | Ед. изм. | Значение |
|-------|--------------------------------|-------------------|----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Удельная поверхность глинозема | м ² /г | 80-130 |
| | | | |

| | | | |
|---|---|-------------------|---------|
| 2 | Удельная поверхность глинозема (УПГ), мин. | м ² /г | 80 |
| 3 | Содержание фракций – 30 мкм, не более | % | 30 |
| 4 | Угол откоса | градус | 32-34 |
| 5 | Насыпная плотность | г/см ³ | 0,9-1,0 |
| 6 | Потери при прокаливании (300–1100) °С, не более | % | 1,2 |

Таблица 5.14. Температура газа

| № п/п | Показатель | Ед. изм. | Значение |
|-------|---|----------|----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Температура газа и выпуск электролизера | °С | 130-180 |
| 2 | Максимальная температура | °С | 200 |

Таблица 5.15. Состав газа на входе ГОУ

| № п/п | Показатель | Ед. изм. | Значение |
|-------|----------------------------------|---------------------|----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Всего фтористых соединений | мг/ Нм ³ | 340 |
| 2 | Всего твердых частиц | мг/ Нм ³ | 700 |
| 3 | Двуокись серы (SO ₂) | мг/ Нм ³ | 150 |

Достигнутые экологические выгоды

Снижение выбросов фтористых соединений.

Возврат уловленного фтора в процесс электролиза алюминия.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

В последнее время наиболее совершенной, отвечающей современным требованиям по охране атмосферного воздуха, считается система "сухой" очистки замкнутым контуром, состоящая из реакторов – адсорберов, обеспечивающих контакт отходящих от электролизеров газов с глиноземом, обладающим сорбционными свойствами, и рукавных фильтров для улавливания фтористого глинозема и твердых частиц.

Преимущества метода "сухой" сорбционной очистки в сравнении с "мокрой", основанной на абсорбции фтористого водорода щелочными растворами, заключаются в следующем:

- более высокой эффективности улавливания фтористых соединений;
- отсутствии коммуникаций раствора проводов и шламонакопителей;

возможности непосредственного возврата уловленного фтора в процесс электролиза алюминия без устройства гидрохимических переделов. На некоторых предприятиях Норвегии используется двухстадийная очистка газов "сухого" и "мокрого" метода. Вторая "мокрая" газоочистка позволяет нейтрализовать сернистый ангидрид, для чего используется дешевая морская вода.

Газоочистные установки "сухой" очистки электролизных газов фирмы "Alstom" с процессом АВАРТ действуют на ряде зарубежных объектов. Степень улавливания фтористого водорода и твердых фторидов составляет 98–99 %, смолистых – 95–97 %.

Метод "сухой" очистки достаточно широко исследован за рубежом и используется в различном аппаратурном оформлении.

Например, метод фирмы "Алкоа" (США) заключается в пропускании электролизных газов через реактор с "кипящим слоем" глинозема и расположенной над ним рукавный фильтр. Высота слоя глинозема в реакторе 30 см (в неподвижном состоянии). Уловленная в рукавах фильтра пыль при встряхивании возвращается в реактор и далее вывозится вместе с глиноземом, насыщенным фтором, на электролиз. Эффективность улавливания фтористых соединений (газообразных и твердых) по данному методу составляет – 99,5 %.

Метод очистки газов фирмы "Алкан" (Канада) основан на подаче глинозема в горизонтальный поток очищаемого газа с последующим обеспыливанием его в рукавном фильтре. Как следствие эффективность улавливания фторидов данным способом составляет не более 97,5 %.

Фирмы "Лурги" и "Ферайнигте Алюминиум Верке" (VAW) разработали способ "сухой" очистки в реакторе с расширенным "кипящим слоем" глинозема со скоростью газа в пределах 3–5 м/с. Степень улавливания газообразного фтора данным способом составила 97,5 %, пыли – 98 %. Наибольшее распространение в зарубежной практике нашли установки "сухой" очистки фирм "Флект" (Норвегия) и "Просидэйр" (Франция). Установка "сухой" газоочистки фирмы "Флект" состоит из модулей "реактор - рукавный фильтр" производительностью от 70 до 100 тыс. м³/ч. Реактор, используемый в модуле, представляет собой низконапорную трубу Вентури, сопряженную с входным патрубком рукавного фильтра. Перед каждым фильтром в газовый поток вводится дозированная подача свежего глинозема.

В России установки "сухой" очистки "Флект" довольно успешно эксплуатируется с 1985 года на Саянском алюминиевой заводе, подтверждая высокие экологические показатели работы пылегазоулавливающего оборудования:

степень улавливания фтористых соединений составляет 99,0 %;

остаточное содержание пыли в очищенном газе – 5 мг/Нм³,

срок службы рукавов фильтра достигает 4-5 лет [8].

Эффективность улавливания вредных веществ ГОУ на АО "КЭЗ" показана в таблице 5.16. В таблице эффективности очистки газов, отходящих от электролизеров, видно, что количество фтористых соединений во фторированном глиноземе составляет 1,5–2,1 %.

Таблица 5.16. Эффективность улавливания вредных веществ ГОУ

| № п/п | Наименование вредных веществ | Содержание, % |
|-------|--|-------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Фтористый водород | 99,3 % |
| 2 | Фториды неорганические плохо растворимые | 99,4 % |
| 3 | Пыль общая | 99,4 %, менее 5,0 мг/м ³ |

Кросс-медиа эффекты

Необходимость обеспечения тщательного смешения глинозема с газами и большая пылевая нагрузка на ткань рукавных фильтров. Большое гидравлическое сопротивление – 12,7 кПа, влекущее за собой повышенный расход электроэнергии.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо при модернизации и новом строительстве.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Требование экологического законодательства.

Сухая сорбционная очистка газов, содержащая в себе две стадии очистки, является самым эффективным среди существующих способов очистки газа. Высокая степень улавливания фтористого водорода и твердых фторидов.

5.5.3. Сокращение и (или) предотвращение выбросов азота и его соединений

НДТ направлены на сокращение поступления в выбросы азота и его соединений с помощью любого из нижеперечисленных методов или их сочетания с учетом условий применимости.

5.5.3.1. Оптимизация процессов горения

Описание

Техническое решение основано на различных методах воздействия на процесс горения с целью снижения температуры и кислорода в зоне горения. Сюда, в первую очередь, следует отнести: работу с малым избытком воздуха, ввод газов рециркуляции, ступенчатый подвод окислителя, ввод пара или впрыскивание в зону горения.

Применяемые методы замедляют процесс превращения содержащегося в топливе азота в NO_x и образование термических NO_x при сохранении высокой эффективности сгорания топлива.

Техническое описание

При оптимальной организации процесса можно получить снижение выбросов NO_x до 50 % при переводе оборудования на работу с малым избытком воздуха, до 40-50 % при подаче газов рециркуляции в корень факела, до 30-40 % при двухступенчатой подаче окислителя и до 20-30 % при вводе пара или впрыскивании воды в зону горения. Следует отметить, что эффект подавления NO_x за счет одновременного применения различных способов не соответствует суммарному эффекту от каждого способа в отдельности. Как показывает опыт, одновременное применение, например, малого избытка воздуха и рециркуляции позволяет уменьшить выбросы NO_x только на 50-70 %.

Другим фактором, оказывающим влияние на образование оксидов азота, является время пребывания компонентов в зоне реагирования. В топочных устройствах размеры этой зоны зависят от многих условий: мощности топочного устройства, отдельных горелок, компоновки горелок, интенсивности смесеобразования, дисперсности распыливания и т. п. Время пребывания газовой смеси в зоне реагирования не эквивалентно времени пребывания в объеме топки и является довольно трудно поддающимся расчету параметром. Для определения этого времени необходимо знать аэродинамические и температурные поля в топочной камере. Из анализа характеристик топочного процесса можно предположить, что время реагирования уменьшается при уменьшении мощности топочной камеры, отдельных горелок, повышении теплового напряжения топочного объема. Последнее мероприятие, осуществляемое, как правило, путем увеличения давления воздуха и топлива, не всегда приводит к положительным результатам, так как одновременно способствует повышению температуры в зоне горения.

В связи с этим уменьшение времени пребывания может привести к существенному снижению образования NO только в том случае, если одновременно будет предусмотрен интенсивный отвод теплоты от ядра факела, а также продуктов реакции после завершения процесса горения.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение выбросов NO_x .

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Сокращение выбросов NO_x до 50 % достижимо при успешных установках.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применение методов оптимизации процессов горения с целью снижения выделения NO_x возможны на технологическом оборудовании, осуществляющем сжигание

топлива (вращающиеся печи), в том числе и на печах с декарбонизатором. Решение по внедрению любого из методов оптимизации процессов горения должны рассматриваться при модернизации технологического оборудования.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

5.5.3.2. Горелки с низким образованием NO_x (кислородно-газовые горелки)

Описание

Техническое решение основано на принципах снижения пиковой температуры пламени. Смешивание окислителя (воздуха, обогащенного кислородом) и топлива снижает доступность кислорода и как следствие пиковую температуру пламени, тем самым замедляя процесс превращения, содержащегося в топливе и воздухе, азота в NO_x и образования термических NO_x при сохранении высокой эффективности сгорания топлива.

Техническое описание

Конструкции горелок с низким выделением NO_x (непрямое сжигание) различаются в деталях, но в большинстве конструкций реализуется ступенчатое сжигание топлива в пределах факела каждой отдельной горелки. Количество первичного воздуха снижается до 6–10 % от требуемого по стехиометрии для горения (обычно 10–15 % в традиционных горелках). Осевой воздух подается с большой скоростью через внешний канал. Уголь вдувается через центральную трубу или через средний канал. Третий канал используется для вихревого воздуха. Закрутка воздуха осуществляется специальными лопатками, расположенными вблизи сопла горелки.

Азот в топливе в основном находится в термически неустойчивых фрагментах органических соединений и при нагревании и горении переходит в летучие соединения. Считается, что преобразование летучих соединений в условиях нехватки кислорода приводит к формированию промежуточных радикалов, которые восстанавливают образовавшиеся оксиды азота в молекулярный азот N₂. За пределами зон выделения и горения летучих соединений образование оксидов NO_x из азота топлива не происходит.

Эффект данной конструкции горелки заключается в очень быстром воспламенении топлива особенно при наличии в топливе летучих соединений при недостатке кислорода в атмосфере, что ведет к снижению образования NO_x.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение выбросов NO_x.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Сокращение выбросов NO_x до 35 % достижимо при успешных установках, и сообщалось об уровнях выбросов около $500\text{-}1000 \text{ мг/Нм}^3$ (среднесуточное значение), но большинство печей ЕС (около 80 % существующих печей, эксплуатируемых в 2020 г.) должны применять метод SNCR для достижения среднесуточных значений выбросов $<500\text{-}800 \text{ мг/Нм}^3$.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Горелки с низким выделением NO_x применимы на технологическом оборудовании, осуществляющем сжигание топлива, в том числе и на печах с декарбонизатором. Однако применение указанных горелок не всегда сопровождается снижением выбросов NO_x . Установка горелки должна быть оптимизирована. Если первоначальная горелка работает с малым процентом первичного воздуха, горелка с низким выделением NO_x будет иметь предельный эффект.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

5.5.3.3. Охлаждение зоны горения (пламени) для снижения выбросов NO_x

Описание

Охлаждение зоны горения может быть достигнуто путем инъекции.

Техническое описание

Добавление воды в топливо или непосредственно в пламя с использованием различных методов инъекции (впрыскивание жидкости или жидкости и твердого вещества), использование жидких и твердых отходов с высокой влажностью снижают температуру и увеличивают концентрацию гидроксильных радикалов. Это оказывает положительный эффект на снижение NO_x в зоне горения [59].

Достигнутые экологические выгоды

Снижение NO_x в зоне горения.

Снижение выбросов NO_x .

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Степень снижения/ эффективность может быть достигнута от 10 до 35 %. Диапазон выбросов может достигать $<500 - 1000 \text{ мг/Нм}^3$ (среднегодовые значения).

Кросс-медиа эффекты

Требуется дополнительное тепло для испарения воды, что вызывает небольшое увеличение выбросов CO_2 (примерно 0,1–1,5 %) в сравнении с общим количеством

выделяющегося CO_2 из печи. Имеются риски снижения производительности печи вследствие снижения тепловой мощности.

Энергетическая эффективность процесса обжига снижается. Впрыскивание воды может снизить выход спека и глинозема, также оказать влияние на его качество.

Технические соображения, касающиеся применимости

Охлаждение пламени может применяться на всех типах печей, используемых в производстве глинозема.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

5.5.3.4. Сжигание топлива (восстановителя) в средней части печи спекания для снижения выбросов NO_x

Описание

Снижение выбросов NO_x путем создания восстановительной зоны сжиганием топлива (восстановителя), поступающего с шихтой.

Техническое описание

Во вращающихся печах спекания создание восстановительной зоны сжиганием кускового топлива может снизить выбросы NO_x . Поскольку в длинных печах нет свободного доступа в зоны с температурой выше 900–1000 °С, сжигание топлива (восстановителя) в середине печи обеспечивается подачей топлива (восстановителя) в шихту спекания, минуя основную горелку [42, 59].

Достигнутые экологические выгоды

Снижение выбросов NO_x .

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Имеющиеся установки по утилизации отходов в средней части печи обеспечивают снижение выбросов NO_x на 20–40 %.

Кросс-медиа эффекты

Скорость сжигания топлива (восстановителя) может привести к сдвигу восстановительной среды к холодной зоне печи, что повышает риски образования выбросов SO_x .

Технические соображения, касающиеся применимости

Установки по сжиганию топлива (восстановителя) в средней части печи могут быть применены для любых вращающихся печей. Скорость сжигания топлива может быть критической. Если сжигание медленное, то создается восстановительная зона обжига, которая оказывает влияние на качество продукции. Если же горение топлива происходит достаточно быстро, восстановительная среда сдвигается к холодной зоне печи, что вызывает риски образования выбросов SO_x .

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

5.5.3.5. Применение селективного каталитического восстановления (СКВ) и селективного некаталитического восстановления (СНКВ) после обеспыливания и очистки от кислых газов

Описание

В настоящее время разработаны две технологии химической очистки дымовых газов от оксидов азота:

селективное каталитическое восстановление оксидов азота аммиаком на сотовых керамических катализаторах (СКВ-технологии);

селективное некаталитическое восстановление оксидов азотов аммиака (СНКВ-технологии).

Техническое описание

Селективное каталитическое восстановление является наиболее эффективным средством снижения выбросов NO_x . В состав системы СКВ входят:

- 1) каталитический реактор;
- 2) система подачи реагента.

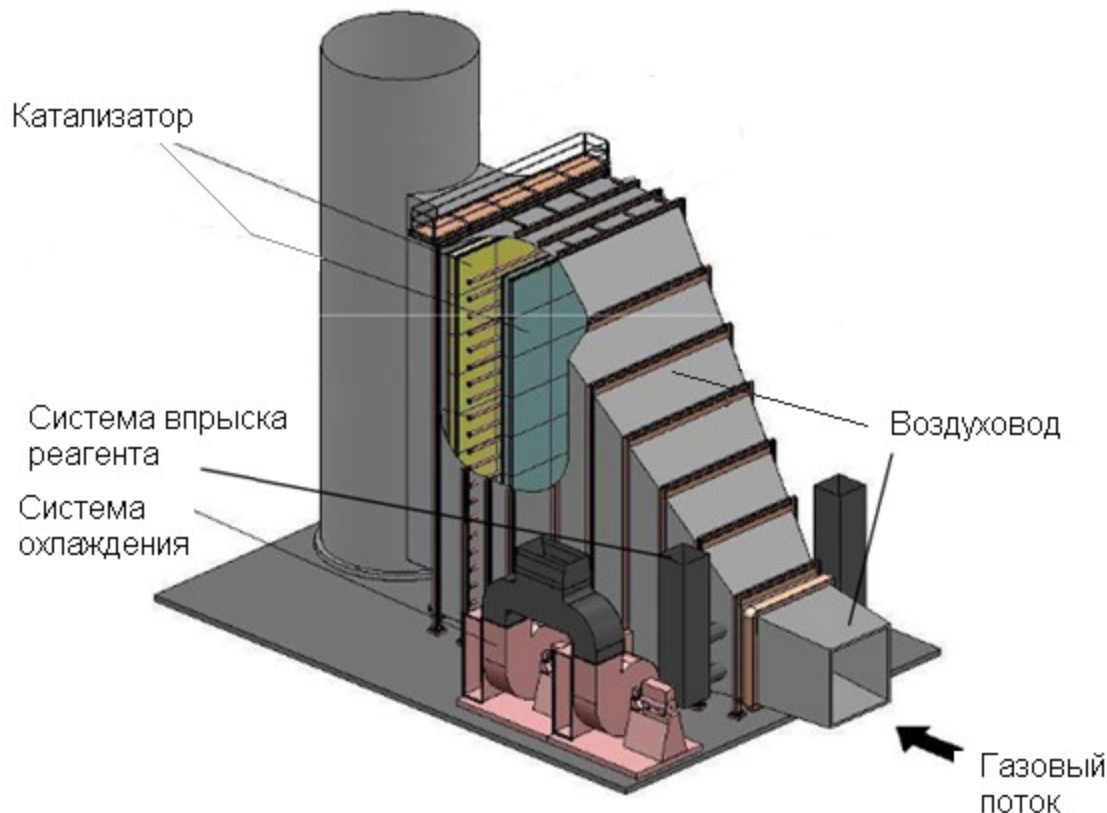


Рисунок 5.17. Схематичное изображение системы СКВ

Каталитическая газоочистка представлена химическими процессами восстановления газом-восстановителем до простейших составляющих. Конечным продуктом реакции являются безопасные компоненты – пары воды, углекислый газ, азот. Восстановительный агент (реагент) инжигируется в поток дымовых газов до катализатора. Вблизи поверхности катализатора происходят с разной степенью интенсивности восстановительные реакции, в результате которых оксиды азота переходят в молекулярный азот. Скорость подачи и расход восстановителя определяются концентрацией NO_x на входе и выходе из системы очистки. Инжекция аммиака осуществляется преимущественно вдувом смеси воздуха с предварительно испаренным и подмешанным безводным аммиаком, реже – впрыском водного раствора аммиака непосредственно в поток. Инжекция карбамида осуществляется преимущественно непосредственным впрыском раствора карбамида в поток дымовых газов, либо предварительной газификацией и разложением карбамида с получением аммиачно-газовой смеси и последующим вдувом.

Эффективность метода СКВ определяется параметрами:

- 1) система сжигания – вид топлива;
- 2) состав катализатора;
- 3) активность катализатора, его селективность и время действия;
- 4) форма катализатора, конфигурация каталитического реактора;
- 5) отношение $\text{NH}_3 : \text{NO}_x$ и концентрация NO_x ;
- 6) температура каталитического реактора;
- 7) скорость газового потока.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов NO_x .

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Эффективность очистки в случае использования данного метода – свыше 90 %. В сочетании с технологией сухого подавления позволяет обеспечить соблюдение нижней границы европейских экологических нормативов по NO_x (20 мг/Нм³). Наиболее эффективно каталитическое восстановление происходит в области 300–450°С.

Большинство катализаторов формируется на основе диоксида титана (TiO_2) и пентоксида ванадия (V_2O_5). Диоксид титана – удобный носитель и не отравляется SO_3 . Пентоксид ванадия промотирует реакцию взаимодействия аммиака и оксидов азота и мало чувствителен к действию SO_x .

При необходимости восстановить 80 % или более оксидов азота в топочном газе метод СКВ является единственно возможным. Кроме того, метод предполагает совершенствование; его можно успешно сочетать с методами совершенствования системы сжигания для снижения количества оксидов азота.

Данный метод используется на предприятиях Европы, США и Юго-Восточной Азии [60].

В 2009 году завод LKAB (Швеция) впервые установил систему СКВ на заводе Grate-Kiln.

Кросс-медиа эффекты

Образование и осаждение на стенках технологического оборудования твердого сульфата аммония и расплава бисульфата аммония при выходе из каталитического реактора. Эти соединения – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ и NH_4HSO_4 , образуются по реакции вводимого аммиака с SO_3 , который получается при сгорании высокосернистых топлив. Особенно трудно избежать осаждения солей в воздушном теплообменнике.

Другими проблемами являются: выбросы в атмосферу аммиака и его соединений, а также иных нежелательных продуктов, например, SO_3 ; необходимость использования дополнительных устройств для очистки потока: блок обессеривания и др.; отсутствие надежной аппаратуры для определения количества аммиака в отходящем газе; чувствительность каталитического процесса к температурному режиму и связанные с этим ограничения в загрузке и топлива; замена и дезактивация катализатора удобными с точки зрения охраны окружающей среды методами; надежность устройств очистки и их экономическая целесообразность.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов NO_x . Требования экологического законодательства.

5.5.4. Сокращение и (или) предотвращение выбросов серы и ее соединений

5.5.4.1. Мокрый скруббер

Описание

Мокрый метод очистки газов от пыли считается достаточно простым и в то же время весьма эффективным способом обеспыливания. Удаление газообразных веществ из потока отходящего газа и технологического отходящего газа, основанного на поглощении загрязняющих веществ из газа жидкостью.

Техническое описание

Мокрые пылеуловители обладают рядом важных преимуществ перед другими типами пылеуловителей. Так, мокрые аппараты являются высокоэффективными пылеуловителями, способными конкурировать с фильтрационными пылеуловителями и электрофильтрами; они успешно применяются для обеспыливания высокотемпературных газов, взрыво- и пожароопасных сред, когда применение эффективных пылеуловителей другого типа невозможно или нецелесообразно.

С помощью аппаратов мокрого действия можно одновременно решать задачи пылеулавливания и очистки газов от газообразных компонентов, охлаждения и увлажнения газов. Многие типы мокрых пылеуловителей (иногда их называют скрубберами) работают при высоких скоростях газа в проточной части аппарата, что делает их малогабаритными и менее металлоемкими, чем аппараты других типов.

В зависимости от типа и количества загрязнителей используются несколько видов скрубберов: форсуночные, насадочные, пенные, центробежные, скрубберы Вентури.

В форсуночных скрубберах достаточно эффективно улавливаются частицы пыли размером более 10–15 мкм. Частицы размером менее 5 мкм практически не улавливаются.

В верхней части скруббера размещено несколько поясов орошения с большим числом форсунок, создающих равномерный поток мелко диспергированных капель, движущихся под действием силы тяжести вниз.

Нижняя часть скруббера, оканчивающаяся конусом, заполнена водой, уровень которой постоянно поддерживается. Подводимый запыленный газ направляют на зеркало воды для осаждения наиболее крупных частиц пыли, после чего, распределяясь по всему сечению скруббера, газ движется вверх навстречу потоку капель воды. В процессе промывки капли жидкости захватывают частицы пыли и коагулируют. Образовавшийся шлам собирается в нижней части скруббера, откуда непрерывно удаляется промывочной водой.

Газ, проходящий через скруббер, охлаждается до 40–50 °С и увлажняется обычно до состояния насыщения параллельно с очисткой. Скорость газа в скруббере принимают равной 0,8–1,5 м/с. При больших скоростях начинается капельный унос влаги, что способствует образованию отложений на выходном патрубке скруббера и в газопроводах.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение выбросов в атмосферу.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Снижение выбросов SO₂ может достигать более 95 %.

Основными достоинствами мокрых пылеуловителей являются:

сравнительно небольшая стоимость (без учета шламового хозяйства);

более высокая эффективность улавливания частиц по сравнению с сухими механическими пылеуловителями;

возможность применения для очистки газов от частиц размером до 0,1 мкм;

возможность использования в качестве абсорберов для охлаждения и увлажнения (кондиционирования) газов в качестве теплообменников смешения.

Основными недостатками мокрых пылеуловителей являются:

возможность забивания газоходов и оборудования пылью (при охлаждении газов);

потери жидкости вследствие брызгоуноса;

необходимость антикоррозионной защиты оборудования при фильтрации агрессивных газов и смесей;

значительные затраты энергии при высоких степенях очистки;

получение уловленного продукта в виде шлама, что часто затрудняет и удорожает его последующее использование;

необходимость организации оборотного цикла водоснабжения (отстойники, перекачивающие насосные, охладители и т. п.), что значительно увеличивает стоимость системы газоочистки;

коррозионный износ оборудования и газопроводов при очистке газов, содержащих агрессивные компоненты;

вредное влияние капельной влаги, содержащейся в газах, на стенки дымовых труб;

ухудшение условий рассеивания пыли и вредных газов, выбрасываемых через дымовые трубы в воздушный бассейн.

Кросс-медиа эффекты

Использование мокрых аппаратов требует наличия систем шламоудаления и оборотного водоснабжения, что удорожает процесс пылеулавливания. Работа этих аппаратов сопряжена с неизбежными потерями дефицитной воды.

Процессы утилизации уловленной пыли в виде шлама в большинстве случаев значительно дороже относительно процессов вторичного использования пыли, уловленной в сухом виде.

К числу недостатков мокрых пылеуловителей относятся: ухудшение условий рассеяния в атмосфере влажных очищенных газов, особенно содержащих агрессивные компоненты; необходимость обработки и удаления большого количества стоков и шлама; большие затраты энергии (особенно для турбулентных пылеуловителей); необходимость (при агрессивных газах) применения антикоррозионных и в ряде случаев дорогостоящих и дефицитных конструктивных материалов для изготовления аппаратуры. Мокрые аппараты и отводящие газоходы в большей степени подвержены коррозии, особенно при очистке агрессивных газов, требуют дополнительных мероприятий по антикоррозионной защите.

Технические соображения, касающиеся применимости

Технических ограничений по использованию данной техники не существует.

Экономика

Экономическая целесообразность применения ограничивается условиями их применимости:

1. Применение мокрых пылеуловителей необходимо в тех случаях, когда сухие аппараты оказываются неработоспособными или, когда требуемая эффективность пылеулавливания может быть достигнута только с применением мокрого аппарата;

2. Применение мокрых пылеуловителей целесообразно в том случае, когда наряду с пылеулавливанием ставятся задачи улавливания газообразных компонентов и охлаждения газов;

3. Применение мокрых аппаратов на том или ином промышленном объекте может быть экономически обоснованным, если на данном объекте имеются системы оборотного водоснабжения и шламопереработки.

Движущая сила внедрения

Требование экологического законодательства.

Снижение выбросов в атмосферу.

5.5.4.2. Десульфуризация и использование топлива с пониженным содержанием серы

Описание

Технологии управления предварительным сжиганием могут включать замену или десульфуризацию топлива. Поскольку выбросы диоксида серы прямо пропорциональны количеству серы в топливе, переход на топливо с низким содержанием серы является предпочтительным выбором. Замена топлива может не быть альтернативой, если требуется сокращение выбросов SO_2 независимо от содержания серы в топливе.

Техническое описание

Сера в твердом топливе содержится в 3-х формах: колчеданной (в виде железного колчедана (FeS)), органической (в виде сероорганических соединений) и сульфатной (сернокислые соли – сульфаты $CaSO_4$, Na_2SO_4). Простейшее обогащение угля – удаление колчеданной серы сепарацией. В этом методе используется разница в плотности угля и колчеданной серы ($r_{FeS}=5 \text{ т/м}^3$, $r_{\text{угля}}=2 \text{ т/м}^3$). Для отделения колчеданной и органической серы используется метод гидротермического обессеривания. В этом случае измельченное топливо обрабатывается в автоклавах при температуре $300 \text{ }^\circ\text{C}$ и давлении $1,7 \text{ МПа}$ щелочными растворами KOH , $NaOH$. Снижение серы в твердом топливе можно осуществить методом газификации или пиролиза твердого топлива. Основное количество серы окажется связанным в коксовом остатке [61].

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов SO_2 .

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Методы физической очистки обеспечивают удаление до 30 % серы. Для углей с большим содержанием пиритной серы это значение может достигать 50 %. Степень удаления серы с помощью химического метода составляет 66 %.

Кросс-медиа эффекты

Сведения отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо для новых предприятий, которые в качестве топлива используют уголь.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов SO₂.

5.5.5. НДТ, направленные на сокращение и (или) предотвращение выбросов CO от организованных источников выбросов

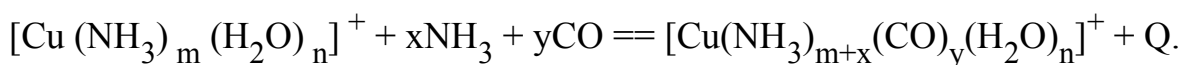
5.5.5.1. Абсорбция

Описание

Для очистки газов от оксида углерода используют абсорбцию или промывку газа жидким азотом. Абсорбцию проводят также водно-аммиачными растворами закисных солей ацетата, формиата или карбоната меди.

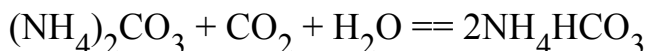
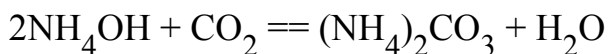
Техническое описание

В случае применения медно-аммиачных растворов образуются комплексные медно-аммиачные соединения оксида углерода:

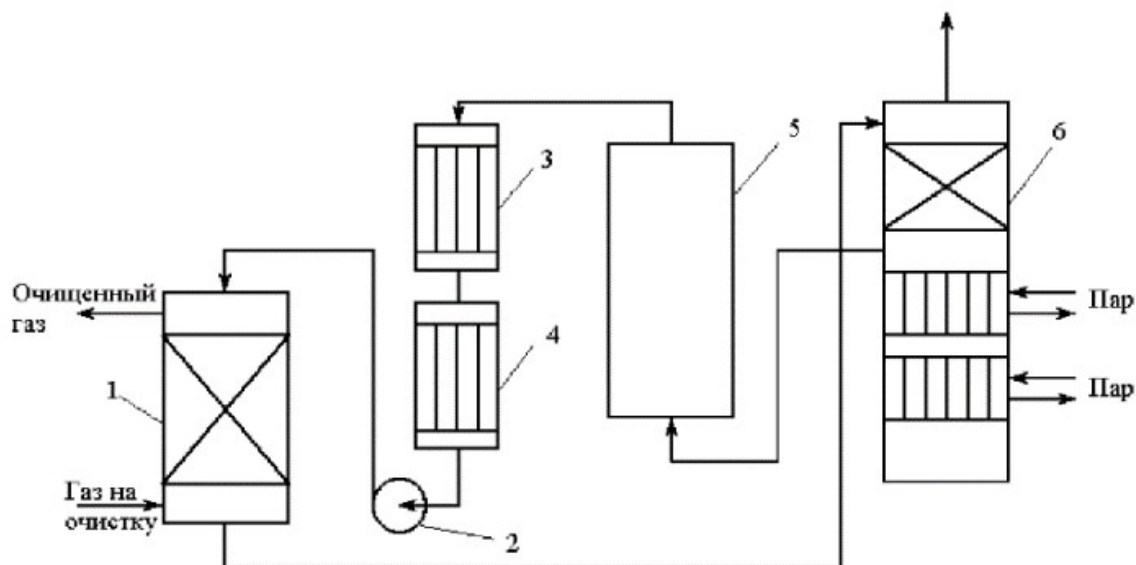


Показано, что наиболее вероятной формой существования одновалентной меди является ион $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}]^+$, образующий с CO ион $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2 \cdot \text{CO} \cdot \text{H}_2\text{O}]^+$ с выделением одного моля воды.

Раствор имеет слабощелочной характер, поэтому одновременно поглощается и диоксид углерода:



Абсорбционная способность раствора увеличивается с повышением концентрации одновалентной меди, давления CO и уменьшения температуры абсорбции. Соотношение свободных аммиака и диоксида углерода в растворе также влияет на поглощательную способность раствора.



1 - абсорбер; 2 - насос; 3 - водяной холодильник; 4 - аммиачный холодильник 5 - емкость; 6 - десорбер

Рисунок 5.18. Схема установки медно-аммиачной очистки газов [62]

Газ из цеха компрессии под давлением 32 МПа поступает в скрубберы, орошаемые медно-аммиачным раствором.

Состав азот водородной смеси (%): H_2 70; N_2 23–26; CO 3-5; CO_2 1,5-2.

После очистки газ, содержащий не более $40 \text{ см}^3/\text{м}^3$ CO и до $150 \text{ см}^3/\text{м}^3$ CO_2 , подается в скрубберы, орошаемые аммиачной водой (на схеме не показан), где он освобождается от остальной CO_2 , и затем в цех синтеза NH_3 . Регенерацию медно-аммиачного раствора проводят путем снижения давления и нагревания раствора в 6. В результате предварительного дросселирования медно-аммиачного раствора до 0,8 МПа из него удаляются растворенные H_2 и N_2 . При дальнейшем дросселировании до 0,1 МПа и нагревании раствора до 45-50 °С происходит разложение медноаммиачного комплекса и выделение CO .

Для нагревания отработанного раствора до 60 °С служит отходящий регенерированный раствор, а для окончательного нагрева до 80 °С – пар. Регенерированный раствор охлаждают последовательно поступающим отработанным раствором, оборотной водой в теплообменнике 3 и испаряющимся жидким NH_3 в холодильнике 4, после чего регенерированный раствор при 10 °С направляют на абсорбцию. В случае необходимости проводят окисление Si^+ продуванием воздуха через регенерированный раствор.

Для разложения углекислого аммония при атмосферном давлении раствор нагревают не выше 80 °С. Поскольку при более высокой температуре медноаммиачный

комплекс разлагается, для более полной регенерации вторую ее ступень проводят в вакууме.

Чтобы предупредить выделение металлической меди при регенерации аммиачного раствора формиата или ацетата меди, к нему добавляют свежую муравьиную или уксусную кислоту.

Окончательную очистку водорода, идущего на синтез аммиака, от оксида углерода производят промывкой газа жидким азотом при температуре порядка 190 °С под давлением 20–25 атм. Этот метод относится к низкотемпературным процессам очистки газов и основан на физической абсорбции СО.

Процесс очистки состоит из трех стадий: предварительного охлаждения и сушки исходных газов; глубокого охлаждения этих газов и частичной конденсации их компонентов; отмывки газов от оксида углерода, метана и кислорода жидким азотом в промывной колонне. Холод, необходимый для создания в установке низких температур, обеспечивается аммиачным холодильным циклом, а также рекуперацией холода обратных потоков азотноводородной фракции и азотного цикла высокого давления.

Характерным для этого процесса является отсутствие стадии десорбции поглощенной примеси из абсорбента: часть испарившегося азота примешивается к водороду и используется в ступени синтеза. Так как промывка ведется чистым абсорбентом, то может быть достигнута любая степень очистки.

Особенность процесса такова, что его можно рассматривать не как абсорбцию, а как ректификацию смеси N_2 - СО в токе инертного газа – водорода.

Имеются данные о равновесии в тройной системе H_2 - N_2 -СО, анализ которых показывает, что H_2 практически не влияет на растворимость СО в жидком азоте. Поэтому расчет процесса можно проводить по данным для двойной смеси. Полученная по этим данным зависимость растворимости СО в жидком азоте от давления СО над раствором описывается законом Генри.

Минимальный расход азота для промывки 150 м³ газа, содержащего 6 % СО возможен при Р=2-2,6 МПа и равен 12–13 см³.

Температура оказывает очень большое влияние на расход жидкого азота и высоту колонны.

Расход азота, как и для других процессов физической абсорбции, практически не зависит от концентрации СО и уменьшается почти пропорционально увеличению общего давления.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов СО.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Степень очистки зависит от парциального давления СО над регенерированным раствором и общего давления газа.

Кросс-медиа эффекты

Сведения отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов СО.

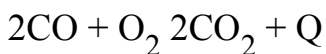
5.5.5.2. Каталитическая очистка газов

Описание

Для окисления оксида углерода используют марганцевые, медно-хромовые и содержащие металлы платиновой группы катализаторы. В зависимости от состава отходящих газов в промышленности применяют различные технологические схемы очистки.

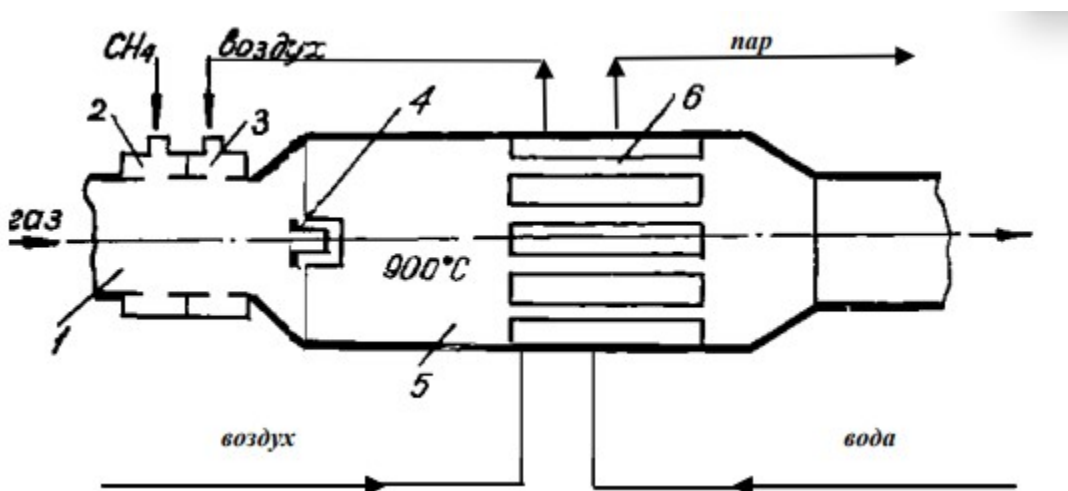
Техническое описание

Суть метода заключается в окислении СО до СО₂ кислородом воздуха:



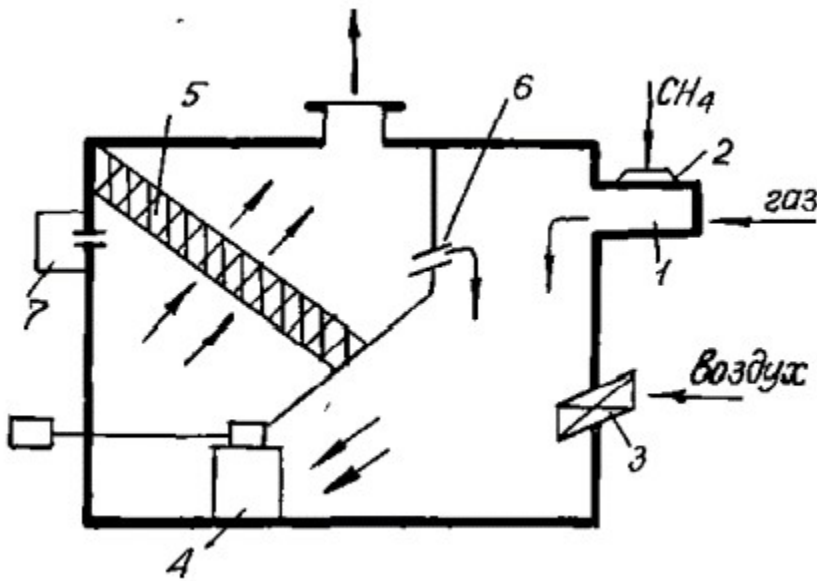
Процесс осуществляется в двух вариантах: термическим некаталитическим дожиганием при температуре 900–1000 С и каталитическим дожиганием при температуре 350–400 С.

Схема установок приведена на рисунках ниже.



1 – газоход; 2,3 – патрубок; 4 – запальная свеча; 5 – камера дожигания; 6 – теплообменный утилизатор

Рисунок 5.19. Некаталитическое дожигание СО



1 – газоход; 2 – патрубок; 3 – заслонка; 4 – вентилятор; 5 – заслонка

Рисунок 5.20. Каталитическое дожигание CO

Действие установки некаталитического дожигания CO заключается в следующем: в газоход подают газы на очистку, сюда же поступают топливо и воздух. С помощью запального устройства газовая смесь поджигается и горит в камере дожигания. Температура газа на выходе из камеры 1100–1200 С, поэтому рационально устанавливать за камерой теплообменники, в которых температура дымовых газов уменьшается до 200–300 С. В случае невозможности термического дожигания используют каталитическое дожигание CO. В этом случае применяются аппараты со слоем никелевого или платинового катализатора, нанесенные на оксид алюминия. После предварительного подогрева очищаемого газа до температуры 200–300 С газовая смесь направляется на очистку. Обычно подогревание осуществляют за счет байпаса очищенных газов, а при запуске установки – сжигания определенного количества топлива. На катализаторе процесс идет при температуре 300–350 С. Возможно использование катализатора гопкалит, представляющего собой катализатор на основе MnO_2 с добавлением 20 % оксидов меди. Температура процесса около 250 С. Происходящие на катализаторе окислительные реакции экзотермичны, что приводит к сильному разогреву продуктов катализа. Конвертированные газы при температуре до 700 °С передают в котел-утилизатор, обеспечивающий производство перегретого до 380 °С водяного пара под давлением 4 МПа. Выходящие из котла-утилизатора обезвреженные газы при температуре около 200 °С дымососом через дымовую трубу эвакуируют в атмосферу. При обработке 60 тыс. м³/ч отходящих газов расход электроэнергии составляет 500 кВт, производится пара 26,5 т/ч [62].

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов СО.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Благодаря применению катализаторов можно достичь высокой степени очистки газа, достигающей в ряде случаев 99,9 % [63].

Кросс-медиа эффекты

Наряду с оксидом углерода в зависимости от условий конкретного производства в газах могут содержаться и другие токсичные компоненты: диоксид серы, оксиды азота, механические примеси в виде различных пылей.

Из-за присутствия в составе диоксида серы марганцевый катализатор теряет свою активность в течение 3-4 ч. Предварительное удаление диоксида серы из газов обеспечивает стабильную работу этого катализатора уже при 150–180 °С, а при 220–240 °С достигается степень обезвреживания оксида углерода 90-96 % при объемных скоростях газа 2000 ч. Медно-хромовый катализатор (50 % оксида меди и 10 % оксида хрома) позволяет достичь при 240 °С необходимых степеней конверсии оксида углерода при более высоких объемных скоростях газа (до 20 тыс. ч) и большей длительности работы (до 120 ч). Однако при использовании катализаторов этих двух типов степень обезвреживания оксида углерода падает с увеличением объемной скорости обрабатываемых газов, уменьшением температуры процесса и возрастанием содержания оксида углерода в конвертируемых газах, что ограничивает целесообразность применения этих катализаторов.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо для новых предприятий и при модернизации существующих.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Стоимость изделий, содержащих палладий и другие драгоценные металлы, исходит из двух ключевых показателей: мировая цена на драгоценные металлы, процент и количество благородных металлов в сотах катализатора.

Движущая сила внедрения

Сокращение выбросов СО.

5.5.5.3. Снижение выбросов оксида углерода и проскоков СО

Описание

Снижение выбросов СО путем использования сырьевых материалов с низким содержанием органического вещества и топлива с низким отношением количества углерода и исключения проскоков СО₂ путем регулирования процесса горения, качества топлива и систем подачи топлива.

Техническое описание

Отходящие печные газы или газы, выходящие из сырьевых мельниц, содержат, кроме СО₂, N₂, паров воды и кислорода, в несколько меньшем количестве NO и SO₂, а

также СО. Выбор, когда это возможно, сырьевых материалов с низким содержанием органического вещества снижает выбросы СО. Когда в результате неполного сгорания топлива появляется оксид углерода, улавливание выбросов становится менее эффективным. Поэтому при работе установки соблюдается тенденция ограничения выделения СО из печи. Улучшение сжигания, оптимизация и качество топлива, характеристики горелки и ее конфигурация, конструкция печи, температура горения и время пребывания топлива в печи – все это может снизить выбросы СО [59].

Все технические решения, которые приводят к снижению потребления топлива, также уменьшают количество выбросов СО₂. Выбор при возможности сырьевых материалов с низким содержанием органического вещества и топлива с низким отношением количества углерода и величины его калорийности снижает выбросы СО₂.

Проскок СО.

Выделения пыли из-за проскока СО могут увеличиваться при использовании электрофильтров, и, в некоторых случаях, гибридных фильтров. Из соображений безопасности электрофильтры должны быть выключены при появлении СО в отходящих газах.

Чтобы снизить время отключения электрофильтра, необходимо выполнить следующие мероприятия:

1) дать объективную оценку ситуации и выявить основные причины, влияющие на появление СО, а именно:

нарушение режима обжига;

высокий уровень СО из-за высокого содержания органических соединений в сырьевом материале;

нарушения в питании печи топливом;

нарушения процесса сжигания топлива.

2) сравнить текущую и оптимальную ситуацию, установить приоритеты;

3) оптимизировать процесс, обеспечить анализ системы, надежности и скорости технических решений.

Чтобы идентифицировать причины и направление действия, а также разработать необходимые технические решения, требуется следующая информация:

о наличии, надежности и динамики поведения анализируемого оборудования;

о статистике появления СО;

об используемом топливе, системы подачи топлива и процессе.

Система питания топливом, спроектированная для предотвращения волнообразной подачи в печь и обеспечения стабильной работы системы сжигания, может минимизировать появление проскоков СО.

Для того, чтобы контролировать уровень СО в печи, используется автоматический измеритель для постоянного контроля СО в отходящих газах. Это техническое решение

нуждается в оптимизации для того, чтобы обеспечить необходимое отключение электрофильтров. Идеальная система контроля СО имеет короткое время отклика и должна быть расположена близко к источникам выделения СО, таких как выход из циклонного теплообменника или из печи в случае применения мокрого способа производства. Необходимо учитывать время на анализ, включая время отбора пробы, которое не должно превышать 20–30 сек (время запаздывания анализа). Для сокращения времени отключения электрофильтра необходимо учитывать тенденции изменения СО на основе ранее полученной, накопленной и проанализированной информации. Время запаздывания при контроле СО может быть снижено увеличением количества образцов, сокращением расстояния от точки отбора пробы до анализатора, снижением объема анализируемой пробы и быстрым электронным описанием сигнала. Быстрое определение состояния системы можно обеспечить в течение менее 3 секунд, но имеется ограничение для газов с большим количеством пыли. Необходимы также постоянный уход и калибровка режима работы прибора. Возможность анализатора такова, что имеется соответствующий критический диапазон показаний, при котором можно определять компоненты: до 5 % для СО и 3 % – CH_4 . Если появление СО не может быть предотвращено, любые воспламеняющиеся источники, особенно оборудование с высоким напряжением (электрофильтры) требуют специального внимания. Другими источниками, который потенциально может привести к возгоранию или взрыву в системе пылеочистки, могут быть трение твердых тел или вентилятор.

Критическими параметрами считаются присутствие в газах более 8 % СО или CH_4 в присутствии более 6 % O_2 . Фактически при проскоке СО рост его концентрации в газах происходит очень быстро и может достичь критического значения еще до осуществления анализа, хотя и в этом случае система должна поднять тревогу. Поэтому уровень срабатывания системы отключения и сигнализации должен быть настроен значительно ниже критического; вдобавок он зависит от концентрации CH_4 и H_2 , особенно при использовании природного газа в качестве топлива.

Отключение электрофильтров происходит в основном на стадии пуска – остановки печи. Для безопасной работы и защиты электрофильтра газоанализатор должен работать постоянно на всех стадиях процесса. Время отключения электрофильтра на заводе может быть снижено использованием дублирующей системы.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение риска взрыва, проскока СО, выбросов СО и пыли.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Выбросы пыли могут появиться из-за проскока СО.

СО может быть обнаружен в проходящих газах при концентрации до 0,1 % с дополнительным количеством СО, порождаемым углеродом, содержащимся в сырьевых материалах.

Кросс-медиа эффекты

Выбросы пыли могут появиться из-за проскока СО.

Технические соображения, касающиеся применимости

Технические решения для снижения проскоков СО могут применяться на всех типах печей.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства.

5.5.5.4. Регенеративный термический окислитель

Описание

Работа регенеративного термического окислителя (РТО) основана на химическом/термическом и механическом процессе. Химический/термический процесс – это приложение тепла к технологическому потоку выхлопных газов, который содержит ЛОС и опасные загрязнители воздуха. Это применение тепла окисляет загрязнители из их первоначального химического состояния до двух инертных соединений: CO_2 и H_2O .

Термическая очистка газа путем окисления ЛОС производится при температурах от 800 до 1000 °С. При этих температурах ЛОС вступают в реакцию с кислородом в технологических газах и образуют углекислый газ CO_2 и водяной пар H_2O , которые не представляют опасности и не имеют запаха.

Техническое описание

Термический окислитель используется для борьбы с загрязнением воздуха в течение многих десятилетий, является одной из наиболее распространенных технологий для уничтожения ЛОС, опасных загрязнителей воздуха и, в некоторой степени, запаха. Эти загрязнители, как правило, являются органическими и могут быть уничтожены окислением при высокой температуре, т. е. преобразованы в CO_2 и H_2O перед выбросом в атмосферу.

Существует несколько типов термоокислителей, применяемых в промышленности, но чаще всего встречаются два типа:

термический окислитель прямого сжигания (ТОПС);

регенеративный термический окислитель (РТО).

Также известны каталитические окислители, такие как регенеративные каталитические окислители (РКО) или рекуперативные каталитические окислители.

Каталитический окислитель – это просто термический окислитель с добавленным катализатором, который обеспечивает эффективное окисление при гораздо более низкой температуре [64].

Регенерационный термический окислитель (РТО) является наиболее распространенным и широко используемым типом окислителя на сегодняшний день. Это предпочтительная технология окисления, предназначенная для уничтожения ЛОС, опасных и иных загрязнителей воздуха. РТО является предпочтительным выбором из-за высокой эффективности уничтожения и способности восстанавливать большую часть тепловой энергии, которая генерируется для разрушения ЛОС и опасных загрязнителей воздуха.

Примеры стандартных органических соединений показаны в таблице 5.17.

Таблица 5.17. Стандартные органические соединения [64]

| № п/п | Наименование | Формула |
|-------|---------------|----------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Ацеталь | $C_6H_{14}O_2$ |
| 2 | Ацетон | C_3H_6O |
| 3 | Бензол | C_6H_6 |
| 4 | Бутанол | $C_4H_{10}O$ |
| 5 | Циклогексанол | $C_6H_{12}O$ |
| 6 | Формальдегид | CH_2O |
| 7 | Гептан | C_7H_{16} |
| 8 | Изопентан | C_5H_{12} |

Таблица 5.18. Преобразования ЛОС в инертные соединения

| № п/п | Наименование | Химическая реакция (преобразования) |
|-------|--------------|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Формальдегид | $CH_2O + O_2 > CO_2 + H_2O$ |
| 2 | Гептан | $C_7H_{16} + 11O_2 > 7CO_2 + 8H_2O$ |
| 3 | Гексан | $2C_6H_{14} + 19O_2 > 12CO_2 + 14H_2O$ |

Механический процесс РТО работает по принципу переменного потока газа через несколько "слоев" керамических теплообменных сред. Входящий газ сначала втягивается в систему и поднимается вверх через входной слой, где газ предварительно нагревается за счет контакта с керамическим теплоносителем. По мере продвижения газа вверх через керамическую среду газ достигает температуры от 760 °С до 800 °С. Затем газ поступает в камеру сгорания, где работает горелка (обычно работающая на природном газе), повышая температуру газа до 815–955 °С.

Эта температура называется "заданная температура камеры сгорания" и является точкой, в которой почти все соединения ЛОС и опасных загрязнителей воздуха разрушаются и преобразуются в CO_2 и H_2O . В этот момент технологический газ, очищенный от загрязнений и нагретый, направляется вниз через выходной слой теплообменной среды. Газ при температуре камеры сгорания отдает свое тепло керамической среде, проходя вниз через выпускной слой.

По прошествии двух-трех минут РТО переключается таким образом, чтобы клапаны обращали поток воздуха через систему. Этот возвратно-поступательный процесс или цикл называется регенеративным термическим.

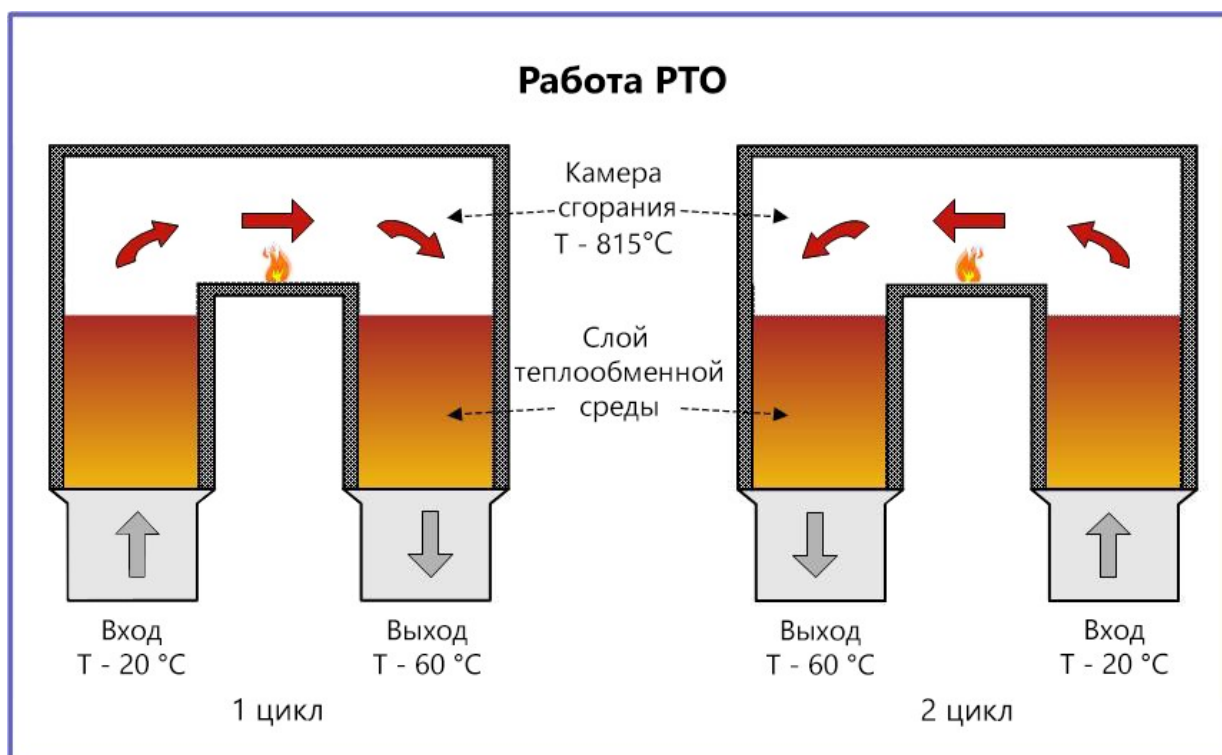
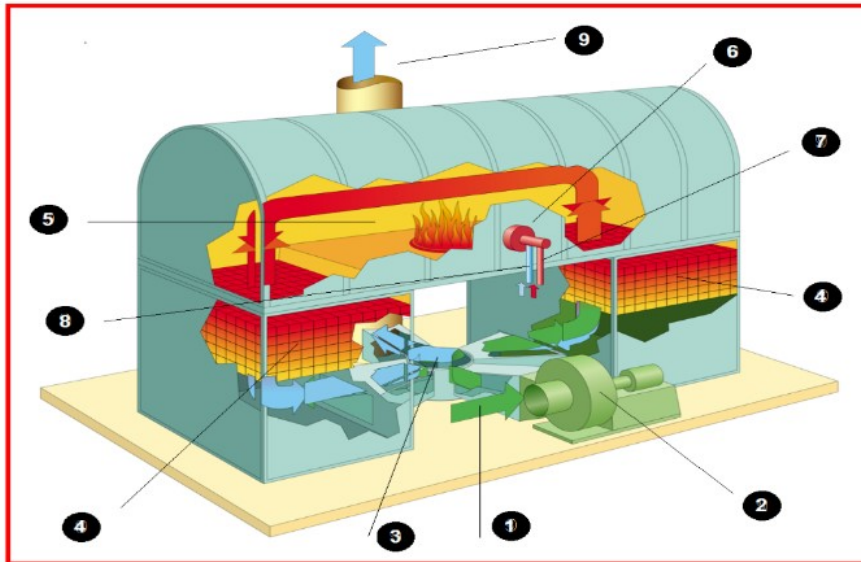


Рисунок 5.21. Принцип работы РТО

Конструкция РТО отличается от конструкции рекуперативных термических окислителей отсутствием трубчатых или кожухотрубчатых теплообменников для нагрева или охлаждения потоков газов. Вместо того, чтобы сбрасывать чистый и горячей воздух в атмосферу, РТО способен утилизировать до 95 % тепла. Еще одно отличие состоит в том, что выходящий очищенный поток может направляться в другую часть технологического процесса для его дальнейшего использования.

Регенеративный термоокислитель



1. Входной поток выбросов
2. Воздуходувка
3. Переключающие клапаны
4. Керамический наполнитель
5. Камера сгорания
6. Горелка
7. Топливный газ
8. Воздух
9. Выхлопная труба

Рисунок 5.22. Конструкция РТО

Двумя наиболее распространенными видами регенеративных термических окислителей являются двухкамерный и трехкамерный. Существуют так же системы с тремя и более камерами для более сложных применений.

Регенеративные термические окислители с двумя камерами имеют низкий коэффициент капитальных затрат, требуют более тщательного технического обслуживания за счет наличия в своей конструкции движущихся частей, но при этом достигается эффективность разрушения вредных веществ до 98–99 %.

Технологический поток выбросов поступает в один из предварительно нагретых фильтрационных керамических слоев. Предварительный нагрев слоя уменьшает количество вспомогательного топливного газа, которое потребовалось бы для работы установки. Далее поток поступает в камеру сгорания. После того как в камере сгорания произойдет окислительный процесс, отработанный газ проходит через второй фильтрационный керамический слой, где газ охлаждается, передавая часть своего тепла слою керамического наполнителя. Переключающие клапаны предназначены для направления потока газа из одного фильтрационного керамического слоя в другой для

нагрева или охлаждения перерабатываемого потока выбросов. Данный тип окислителя работает при чрезвычайно высокой температуре – около 815 °С.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение выбросов СО за счет термического окисления СО до СО₂.

Полное окисление любых ЛОС.

Снижение запаха.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Регенеративный термический окислитель настолько эффективен в регенерации отходящего тепла, что способен поддерживать необходимую температуру в камере сгорания только за счет энергии окисления ЛОС.

Основные преимущества регенеративного термического окислителя следующие:

простая и надежная конструкция;

двойное уплотнение с самоочисткой;

легкий доступ для обслуживания;

отсутствие полостей, где могут скапливаться кислоты и другие загрязнители;

возможность адаптации к большому разнообразию воздушных потоков;

удаление широкого спектра ЛОС;

как эксплуатационные расходы, так и расходы на техническое обслуживание достаточно низкие;

высокий термический КПД;

во время процесса не образуются отходы;

рекуперация энергии, вырабатываемой для внешних процессов [58].

В РТО используется керамический слой, который нагревается от предыдущего цикла окисления для предварительного нагрева поступающих газов с целью их частичного окисления. Предварительно нагретые газы поступают в камеру сгорания, которая нагревается от внешнего источника топлива для достижения целевой температуры окисления, которая находится в диапазоне от 760 °С (1400 °F) до 820 °С (1510 °F). Конечная температура может достигать 1100 °С (2010 °F) для приложений, требующих максимального разрушения. Расход воздуха составляет от 2,4 до 240 стандартных кубических метров в секунду.

РТО очень универсальны и чрезвычайно эффективны – тепловой КПД может достигать 95 %. Они регулярно используются для удаления паров растворителей, запахов в самых разных отраслях промышленности СНГ и мира.

Кросс-медиа эффекты

При эксплуатации регенеративных термических окислителей (РТО) возможны высокие расходы электроэнергии, а также требуется большая площадь для размещения оборудования.

Технические соображения, касающиеся применимости

Регенеративный термический окислитель может использоваться в производстве алюминия. По сравнению с другими технологиями контроля выбросов регенеративные термические окислители (РТО) особенно надежны и имеют низкие эксплуатационные расходы:

КПД эффективности энергозатрат составляет около 95 % и даже в некоторых случаях 99 %, что значительно сокращает расход топлива;

подходит для многих применений;

простота конструкции;

долговечность;

высокий уровень разрушения ЛОС;

низкий уровень выбросов оксидов азота (NOx);

применение в условиях непрерывной работы [65].

Основными недостатками регенеративных термических окислителей являются:

высокие расходы на электроэнергию;

большая площадь, требуемая для размещения оборудования;

вес, который может быть в три раза выше, чем у рекуперативного окислителя.

РТО является более сложной системой с большим количеством движущихся частей, требуется большее техническое обслуживание.

Экономика

Сокращение производственных затрат за счет высокой эффективности; снижение выбросов СО до приемлемых значений, низкий расход топлива, не требует применения расходных дорогостоящих катализаторов; надежны и имеют низкие эксплуатационные расходы.

Движущая сила внедрения

Реализация процесса термического окисления СО до СО₂.

Полное окисление любых ЛОС.

Снижение запаха.

Требование экологического законодательства.

5.6. НДТ, направленные на предотвращение и снижение сбросов сточных вод

5.6.1. Управление водным балансом при производстве алюминия (добыча бокситов)

Описание

Основными технологическими процессами производства алюминия являются: подготовка сырья (боксит), получение глинозема способом Байер-спекания, переработка красного шлама ветви Байера, производство обожженных анодов, первичного алюминия.

По сбросам на предприятии АО "Алюминий Казахстана" имеется 6 систем оборотного водоснабжения. Сбросы промышленных сточных вод в природные водоемы и на рельеф местности отсутствуют.

На предприятии АО "КЭЗ" эксплуатируется 4 узла водооборота. Сбросы промышленных сточных вод в природные водоемы и на рельеф местности отсутствуют. Производственные и ливневые сточные воды сбрасываются в пруд-накопитель.

Бокситовые рудоуправления являются потенциальными источниками загрязнения окружающей среды сточными водами. В результате добычных работ происходит истощение запасов подземных вод в ходе осушения и эксплуатации месторождений, а также возможно загрязнение поверхностных вод сбросами карьерных и промышленных сточных вод в случаях отсутствия очистки.

В данном разделе описаны техники, методы и/или совокупность методов, применяемых для снижения и предотвращения сбросов сточных вод.

Техническое описание

Эффективное управление водными ресурсами имеет важнейшее значение для большинства видов деятельности по добыче и обогащению полезных ископаемых, и данный аспект должен тщательно рассматриваться в ходе каждого цикла строительства и эксплуатации горного предприятия – от предварительного согласования и производства до вывода из эксплуатации и закрытия. Для охраны водных ресурсов от воздействия сточных вод и управлению их балансом при процессах добычи и обогащения необходимо выполнение следующих мероприятий:

- разработка водохозяйственного баланса бокситового рудоуправления;
- внедрение системы оборотного водоснабжения и повторного использования воды в технологическом процессе;
- сокращение водопотребления в технологических процессах;
- гидрогеологическое моделирование месторождения;
- внедрение систем селективного сбора карьерных вод;
- использование локальных систем очистки и обезвреживания сточных вод.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение объемов водопотребления на технологические нужды.

Рациональное использование водных ресурсов.

Снижение количества энергоресурсов, используемых для выдачи сточных вод.

Снижение количества химических реагентов, используемых для дальнейшей очистки сточных вод.

Сокращение объема или исключение сброса сточных вод и концентраций в них загрязняющих веществ.

Снижение биогенной нагрузки на принимающие воды (например, реки, каналы и другие поверхностные водные ресурсы).

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Разработка водохозяйственного баланса бокситового рудоуправления с целью управления водопитоком карьерных вод, водопотреблением и водоотведением

технологических процессов и операций по добыче и обогащению полезных ископаемых, предусматривает:

перспективный водоприток карьерных вод;

возможные изменения режима водопотребления и водоотведения, осушения и водопонижения в увязке с водохозяйственным балансом;

предотвращение истощения и загрязнения водоносных горизонтов и поверхностных водных объектов;

рациональную организацию водопользования с минимальным объемом потребления свежей воды в технологических процессах;

возможность рециркуляции, очистки отработанной воды и повторного ее использования;

учет водохозяйственной обстановки на прилегающих территориях с целью выявления уязвимых компонентов (малых рек и ручьев, водно-болотных угодий и др.), зависимости местного населения от местных водных ресурсов.

Управление водным балансом бокситового рудоуправления позволяет учитывать возможные изменения водопритока в горные выработки и водопользования, своевременно перераспределять потоки с целью регулирования гидравлических и других нагрузок на сети и сооружения, рационально использовать водные ресурсы.

Система оборотного водоснабжения обеспечивает многократное использование оборотной воды в технологическом процессе (например, бессточное хвостовое хозяйство с замкнутым водным циклом). Выбор схем оборотного водоснабжения определяется технологическим процессом, техническими условиями к качеству воды. Это позволяет сократить забор воды из природных источников (забор воды необходим только на подпитку системы), сократить объем или полностью исключить сброс сточных вод.

Повторное (последовательное) использование технической воды заключается в употреблении воды, использованной в одном производственном процессе, на другие технологические нужды. Например, вода, нагретая в процессе охлаждения оборудования компрессорной станции, может использоваться в системе отопления или на промывку оборудования перед ремонтом; ливневые сточные воды могут использоваться в процессах пылеподавления, для полива растений, для мойки дорожной техники и т. д. Техника позволяет сократить забор воды из природных источников на технологические нужды.

Учитывая идентичность процессов водоотведения и водоотлива с предприятиями угольной промышленности, может стать полезным опыт Индии в использовании сточных вод шахт. Угольные компании Индии успешно используют шахтные воды как из действующих, так и из заброшенных шахт. Наиболее яркими примерами реализации проектов являются следующие:

вода из шахты NLCIL подается в столичный департамент Ченнаи по трубопроводу длиной 200 км для питьевых нужд. Две насосные станции поставляют в Ченнаи примерно 19611 тыс л в день, и эта подача очень помогает удовлетворить потребность в воде, особенно летом;

поставка бутилированной воды от WCL – Coal Neer. Установка обратного осмоса (10 000 литров/час) была установлена на руднике и включает поэтапный процесс осаждения, фильтрацию через и обработку через установку обратного осмоса с последующей УФ-обработкой. Кроме того, вводится фасованная питьевая вода "COAL NEER" с установкой завода по розливу RFC (мощность – 15000 бутылок в сутки), получившая сертификацию BIS&FSSAI. "COAL NEER" предлагается продавать по цене 7 рупий и 10 рупий за бутылку объемом 500 мл и 1 литр соответственно.

WCL заключила меморандум с MAHAGENCO о предоставлении избыточной шахтной воды в размере 107,6 тысяч кубометров в год для удовлетворения промышленных потребностей в воде для ТЭС.

Ранее потребность ТЭС в воде покрывалась Пенчским ирригационным водохранилищем. Теперь сэкономленная вода из водохранилища Пенч используется для удовлетворения растущего спроса на воду в городе Нагпур [66].

Применение водосберегающих или безводных технологий, характеризующихся низким потреблением воды, либо ее полным отсутствием, что позволяет сократить забор воды из природных источников на технологические нужды. Например, дозированная подача воды в производство, автоматическое отключение воды при остановке технологического процесса, кроме процессов охлаждения оборудования.

Разработанная и откалиброванная гидрогеологическая модель позволяет спрогнозировать величины притоков в выработки, в том числе на разные моменты времени в пределах горизонта планирования и на различных горизонтах. Ввиду того, что с течением времени притоки имеют тенденцию к снижению, разработка модели может позволить обосновать постепенную оптимизацию задействованного водоотливного оборудования. При оценке запасов подземных вод гидрогеологическое моделирование позволяет учесть сложную внутреннюю структуру подземной гидросферы, включая гидравлическую связь между водоносными горизонтами, подземными и поверхностными водами, а также сложные граничные условия.

Для района влияния объектов Стойленского ГОКа НТЦ "НОВОТЭК" в 2005 году разработал компьютерную модель фильтрации подземных вод, которая постоянно обновляется и пополняется новыми результатами изысканий и геоэкологического мониторинга подземных вод [67].

Система раздельного сбора сточных вод заключается в разделении потоков сточных вод по степени и видам загрязнений для проведения локальной очистки оптимальным

способом, максимального возврата в процесс очищенной воды; снижения гидравлической нагрузки на очистные сооружения. Техника позволяет сократить объем сброса сточных вод в водные объекты.

Кросс-медиа эффекты

Потребность в дополнительных объемах ресурсов и материалов на организацию системы водооборотного потребления воды.

Затраты на мониторинг качества воды и выявление загрязняющих веществ.

Технические соображения, касающиеся применимости

Представленные методы (конструктивные и технические решения), применимы при технической возможности и экономической целесообразности, могут использоваться как по отдельности, так и в совокупности. Ограничения, связанные с особенностями технологического процесса, техническими возможностями, конструктивными особенностями производственных объектов, климатическими условиями, качественным составом и объемом сточных вод.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства. Рациональное использование водных ресурсов. Снижение объемов сбросов сточных вод и загрязняющих веществ.

5.6.2. Снижение водоотлива карьерных и шахтных вод

Описание

Поступление воды в выработки характеризуют водоприток. Общий водоприток складывается из притока подземных и поверхностных вод, атмосферных осадков и технической воды, применяющейся в технологических процессах.

Техническое описание

Техника заключается в сокращении воздействия на подземные воды и снижении гидравлической нагрузки на очистные сооружения и водные объекты путем применения отдельно или совместно следующих технических решений:

применение рациональных схем осушения карьерных и шахтных полей;

использование специальных защитных сооружений и мероприятий от поверхностных и подземных вод, таких как водопонижение и/или противодиффузионные завесы и др.;

оптимизация работы дренажной системы;

изоляция горных выработок от поверхностных вод путем регулирования поверхностного стока;

отвода русел рек за пределы горного отвода;

недопущение опережающего понижения уровней подземных вод;

предотвращение загрязнения шахтных и карьерных вод в процессе откачки.

Достигнутые экологические выгоды

Рациональное использование водных ресурсов.

Сокращение объемов сточных карьерных и шахтных вод.

Снижение биогенной нагрузки на принимающие воды (например, реки, каналы и другие поверхностные водные ресурсы).

Экологические показатели и эксплуатационные данные

В горной практике для осушения карьерных и шахтных полей применяются поверхностный, подземный и комбинированный способы.

Для осушения и защиты горных выработок от поверхностных и подземных вод применяются водопонижающие скважины, оборудованные глубинными насосами; вакуумное водопонижение; подземные системы осушения, (дренажные штреки с фильтрами и колодцами и т.п, в период эксплуатации подземного месторождения функции дренажных выполняют также основные горные выработки.); самоизливающие и поглощающие скважины; иглофильтровые установки; прибортовой дренаж; дренажные зумпфы, траншеи, канавы (в том числе, закрытые) и т.п.

На ОАО "Стойленский ГОК" осушение карьера ведется подземным дренажным комплексом – дренажной шахтой на глубине более 200 м, перехватывающей основную часть потока подземных вод за пределами карьера по его контуру, и внутрикарьерными прибортовыми дренажами – они перехватывают "проскок" подземных вод, выходящих на откосы карьера. Протяженность выработок дренажной шахты достигает 56 км. В эксплуатации – 260 восстающих дренажных скважин. Откачка всех дренажных вод и атмосферных осадков производится главным водоотливом шахты. Производительность водоотлива достигает 7200 м³/ч. Для этого главный водоотлив оборудован 11 насосами ЦНС 850–240. Обоснованная "НОВОТЭК" возможность использовать дренажные воды для хозяйственно-питьевого водоснабжения СГОК покрыла его потребность в чистой воде. Реализация водоснабжения выполнена 5 насосами ЦНС 300x300. Опыт эксплуатации системы осушения карьера и проектные решения по развитию дренажных работ на карьере СГОКа убедительно доказывают правильность выбранной стратегии защиты месторождения от подземных и поверхностных вод, ориентированной на подземный способ осушения [68].

Выбор видов и систем защиты горных выработок, типов защитных сооружений, устройств и мероприятий должен учитывать изменяющиеся с течением времени по мере разработки месторождения производственные и природные условия, форму и размеры защищаемого пространства.

Системы защиты, их развитие, конструкции защитных сооружений и устройств, защитные мероприятия должны быть взаимосвязаны с системами, методами и развитием разработки месторождения.

Регулирование поверхностного стока дождевых, талых и технических вод производится в пределах шахтного поля и самого карьера (площадок уступов, откосов, дна), а также в пределах некоторой полосы вокруг карьера.

Мероприятия по регулированию поверхностного стока сводятся к устройству нагорных и водоспускных канав, планировке территории вокруг карьера (с приданием поверхности уклона в сторону нагорных канав), а также планировке площадок уступов.

Система отвода дождевых, талых и технических вод должна увязываться со всей системой дренажа месторождения; при этом в ряде случаев оказывается целесообразным применение единых водоотливных средств путем использования общих водосборников и насосов, устройств водосбросных скважин и т. д.

Отвод и осушение рек и водных коллекторов (озер, прудов, болот) применяются в тех случаях, когда обводнение карьера или шахты за счет поступления вод из них достаточно существенно. Реку или ручей отводят в новое забетонированное русло, также эффективным является отвод речных вод по трубам. Если русло реки проходит по слабопроницаемым покровным отложениям, есть возможность отказаться от бетонирования, что должно подтверждаться фильтрационным расчетом.

Кросс-медиа эффекты

Финансовые затраты. Потребность в дополнительных объемах ресурсов и материалов.

Противофильтрационные завесы в отличие от водопонижения не влекут за собой образование вредных стоков и истощение ресурсов подземных вод и не вызывают деформаций горных пород, земной поверхности и сооружений в районе защищаемых объектов.

Высокие капитальные и эксплуатационные затраты, необходимость проведения и поддержания в рабочем состоянии горных выработок при подземном способе осушения на карьерах.

Технические соображения, касающиеся применимости

Представленные методы общеприменимы, могут использоваться как по отдельности, так и в совокупности.

Применимость способов осушения определяется исходя из горно-геологических, гидрогеологических и горнотехнических условий разрабатываемого месторождения.

Целесообразность отвода и изоляции постоянного коллектора обосновывается технико-экономическим расчетом, путем сопоставления стоимости отвода и тех дренажных мероприятий, которые нужно осуществить для обеспечения нормального хода горных работ на весь период эксплуатации месторождения.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства. Рациональное использование водных ресурсов. Снижение объемов сбросов сточных вод и загрязняющих веществ.

5.6.3. Управление поверхностным стоком территории наземной инфраструктуры

Описание

Методы или их совокупность для снижения негативного воздействия на водные объекты.

Техническое описание

Технологические операции по управлению поверхностным стоком включают:

организацию системы сбора и очистки поверхностных сточных вод с породных отвалов;

перекачку сточных вод из гидротехнических сооружений при отвалах в хвостохранилище;

отведение поверхностного стока с ненарушенных участков в обход нарушенным, в том числе и выровненным, засеянным или озелененным, что позволит минимизировать объемы очищаемых сточных вод;

очистку поверхностного стока с нарушенных и загрязненных участков территории с повторным использованием очищенных сточных вод на технологические нужды;

организацию ливнестоков, траншей, канав надлежащих размеров; оконтуривание, террасирование и ограничение крутизны склонов; применение отмостков и облицовок с целью защиты от эрозии;

организацию подъездных дорог с уклоном, оснащение дорог дренажными сооружениями;

выполнение фитомелиоративных работ биологического этапа рекультивации, осуществляемых сразу же после создания корнеобитаемого слоя с целью предотвращения эрозии.

Достигнутые экологические выгоды

Использование перечисленных техник позволяет: сократить риск загрязнения почв, подземных и поверхностных вод, обусловленных инфильтрацией загрязненных поверхностных сточных вод с территории породных отвалов; снизить негативное воздействие на водные объекты за счет сокращения объема сброса загрязненных сточных вод в водный объект.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Техника предусматривает управление ливневыми и талыми сточными водами территории наземной инфраструктуры горнодобывающего предприятия с учетом особенности размещения предприятия и его специфики с целью сведения к минимуму попадания ливневых и талых сточных вод на загрязненные участки, отделения чистой воды от загрязненной, предотвращения эрозии незащищенных участков почвы, предотвращения заиливания дренажных систем.

Организация системы водоотводных канав по контуру внешних отвалов вскрышных и вмещающих пород с учетом особенности территории размещения предприятия и его специфики, первичное осветление поверхностных сточных вод в оборудованном отстойнике и при необходимости их дальнейшая доочистка на локальных комплексах очистки сточных вод.

Кросс-медиа эффекты

Потребность в дополнительных объемах ресурсов и материалов.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимы, могут использоваться как по отдельности, так и в совокупности.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства. Рациональное использование водных ресурсов. Снижение объемов сбросов сточных вод и загрязняющих веществ.

5.6.4. Применение современных методов очистки сточных вод

Очистка сточных вод контролируется и регламентируется нормативно-правовыми актами Республики Казахстан. Сточными водами называют воды, которые сбрасывают в водоемы с промышленных объектов и населенных пунктов через канализацию или самотеком. Свойства этих растворов связаны с технологическим процессом, в котором они участвовали и, как правило, негативно сказываются на природных объектах, с которыми контактируют.



Рисунок 5.23. Виды сточных вод [69]

Таблица 5.19. Отличительные характеристики разных видов сточных вод

| № п/п | Вид сточных вод | Равномерность поступления сточных вод | Степень загрязнения | Вид загрязнений | Используемые методы очистки |
|-------|-----------------------------------|--|--|---|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | Производственные | Неравномерное (зависит от процессов предприятия) | Условно-чистые Нормативно очищенные Загрязненные | Органические и минеральные примеси | Механические Физико-химические Химические Биологические |
| 2 | Хозяйственно-бытовые сточные воды | Относительно равномерное | Сильно загрязненные | Органические вещества растительного и животного происхождения Отходы жизнедеятельности и моющие средства | Механические Биологические |
| 3 | Атмосферные (ливневые) | Неравномерное (зависит от атмосферных осадков) | Условно чистые Загрязненные | Минеральные загрязнения Нефтепродукты | Механические Физико-механические Химические методы |

Применение эффективных методов очистки сточных вод (шахтных, карьерных) с целью снижения уровня загрязнения сточных вод веществами, содержащимися в горной массе, продукции или отходах производства.

Выбор технологических подходов, методов, мер и мероприятий, направленных на очистку сточных вод, определяется составом сточных вод, особенностями технологического процесса, техническими условиями к качеству воды (в случае оборотного водоснабжения или повторного использования), нормативами допустимого сброса, установленными с учетом качества воды водного объекта – приемника сточных вод.

Для определения оптимального способа минимизации объемов конечных стоков и концентрации в них загрязняющих веществ необходимо принимать во внимание следующие наиболее важные факторы:

- процесс, являющийся источником стоков;
- объем воды;
- загрязняющие вещества и их концентрации;
- возможности внутреннего повторного использования;
- доступность водных ресурсов.

НДТ позволяет извлечь специфичные вещества (например, остатки реагентов) с целью их последующей утилизации или возврата в технологический процесс, а также обеспечить максимальный возврат очищенной воды в технологический процесс.

НДТ позволяет снизить негативное воздействие на водные объекты за счет обеспечения качества сбрасываемых сточных вод в соответствии с установленными нормативами.

5.6.5. Механическая очистка

Описание

Механическая очистка – это первый этап очистки сточных вод.

Использование механической очистки как самостоятельного метода возможно в тех случаях, когда осветленная вода будет после использована в технологических производственных процессах или отведена в водоемы без оказания вредного воздействия. Суть метода состоит в процеживании, отстаивании, фильтровании, удалении нерастворенных примесей гидроциклонами и в центрифугах. При этом методе очистки удаляют 60–80 % находящихся в стоках в нерастворенном и частично коллоидном состоянии загрязнения.

Техническое описание

Механическая очистка относится к грубым методам и используется для удаления из воды загрязняющих частиц больше 0,1 мм. Как правило эта группа методов основывается на извлечении осевших или взвешенных нерастворимых частиц.

В связи с тем, что загрязняющие частицы различаются по физическим характеристикам (размер, физико-химические свойства) и концентрации, методы механической очистки подразделяются на виды, представленные на рисунке 5.24.



Рисунок 5.24. Методы механической очистки сточных вод

Процеживание, фильтрование и отстаивание – более простые методы механической очистки, а применение дисковых фильтров и центрифугирование – более сложные [69].

Таблица 5.20. Характеристика методов механической очистки сточных вод

| № п/п | Метод механической очистки | Характеристика метода |
|-------|----------------------------|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Процеживание | Сточные воды пропускаются через решетки и сетки (как правило металлические) с требуемым размером ячеек, в результате чего задерживаются механические частицы (камни, пластиковые бутылки) и биологические фрагменты (ветки, листья) соответствующего ячеек размера |
| 2 | Фильтрование | Вода пропускается через перегородки, заполненные засыпным наполнителем или пористым материалом, которые задерживают дисперсную фазу |
| 3 | Отстаивание | В основе метода лежит использование силы тяжести, под воздействием которой частицы оседают на дне отстойника или безголовки. Верхний очищенный |

| | | |
|---|----------------------------------|--|
| | | слой воды переливается в следующую камеру, оставляя в первой загрязнения. Далее процесс повторяется |
| 4 | Дисковые фильтры | Дисковые фильтры представляют собой "пакет" цилиндрической формы из полимерных дисков, попадая в который сточные воды очищаются от механических примесей |
| 5 | Центрифугирование (гидроциклоны) | В этом методе происходит (разделение фракций твердых частиц во вращающемся потоке жидкости |

Преимуществами механической очистки являются простота аппаратного оформления, эффективная очистка от взвешенных частиц. Недостатком механического фильтрования является то, что при механической фильтрации из сточных вод не удаляются растворенные примеси.

Осадок из отстойников удаляется под гидростатическим давлением и с помощью различных механизмов (скребков, насосов, элеваторов и др.).

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение в сбросах нерастворимых фракций различного происхождения.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

В осветлителях достигается снижение концентрации загрязнений на 70 % – по взвешенным веществам и 15 % – по БПК за счет совмещения процессов осаждения, хлопьеобразования и фильтрации сточной воды через слой взвешенного осадка.

Достижимый в производственных условиях эффект снижения концентрации взвешенных веществ не превышает 50–60 %.

Кросс-медиа эффекты

Механическую очистку используют как предварительный этап перед биологической очисткой или в качестве доочистки стоков. Убирает только нерастворимые механические примеси.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо для предприятий, осуществляющих сбросы сточных вод. На шахте "Шерегешская" (2021) установлено оборудование, которое предназначено для очистки шахтных сточных вод на выпуске в реку Большой Унзас. Очищение воды происходит за счет отстаивания и добавления реагентов. Очистка по взвешенным частицам, шламу и песку достигает 98 %, по нефтепродуктам – 90 %.

Для очистки шахтных и оборотных вод обогатительных фабрик от взвешенных веществ в Дон УГИ разработана конструкция наклонного тонкослойного отстойника. Отстойник состоит из двух отделений – зоны осветления и накопления осадка.

Принцип действия наклонного отстойника заключается в следующем. Исходная вода подается в продольные распределительные каналы, откуда через щели, образованные наклонными направляющими плоскостями, она поступает в нижнюю часть наклонных ячеек. Наклонные плоскости, образующие ячейки, установлены под углом больше естественного угла откоса осадка. Восходящий поток воды между наклонными плоскостями имеет ламинарный характер, вследствие чего в пределах ячейки происходит интенсивное выпадение взвешенных частиц. Такая конструкция по сравнению с обычными горизонтальными отстойниками позволяет повысить нагрузку на сооружение в 45–50 раз. Такие отстойники эксплуатируются на шахтах "Кировская" и им. Газеты "Правда" ПО "Донецкуголь", "Павлоградская" ПО "Павлоградуголь".

С целью повышения эффективности отстаивания применяют реагентную обработку воды коагулянтами или флокулянтами (сернокислый алюминий, хлористое железо, полиакриламид, полиэлектролит ВПК-402 и др.).

Для очистки сточных вод от взвешенных веществ применяют гидроциклоны и центрифуги. Особенно широко для очистки шахтных вод за рубежом нашли применение гидроциклоны. Они успешно заменяют отстойники, имея ряд преимуществ перед ними: занимают малую площадь, имеют высокую степень очистки до 70 %, высокую производительность, не имеют подвижных частей, работа их может быть полностью автоматизирована. Наибольшее применение нашли напорные (закрытые) и безнапорные (открытые) гидроциклоны.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае.

Движущая сила внедрения

Снижение сбросов взвешенных веществ в сточных водах.

5.6.6. Химические и физико-химические методы очистки

Описание

Химические методы очистки заключаются в выделении загрязнений путем химических реакции между загрязнениями сточных вод и реагентами. К химическим методам очистки сточных вод относятся нейтрализация, окисление и восстановление.

Физико-химическая очистка сточных вод используется для очистки стоков от взвешенных и мелкодисперсных загрязнений и примесей, частиц растворенных газов, минеральных и органических веществ.

Техническое описание

Химические методы очистки позволяют выделять из сточных вод растворенные вещества, пагубно влияющие на окружающую среду. Ведется с добавлением реагентов.

Химические и физико-химические методы очистки сточных вод отражены на рисунке 5.25.

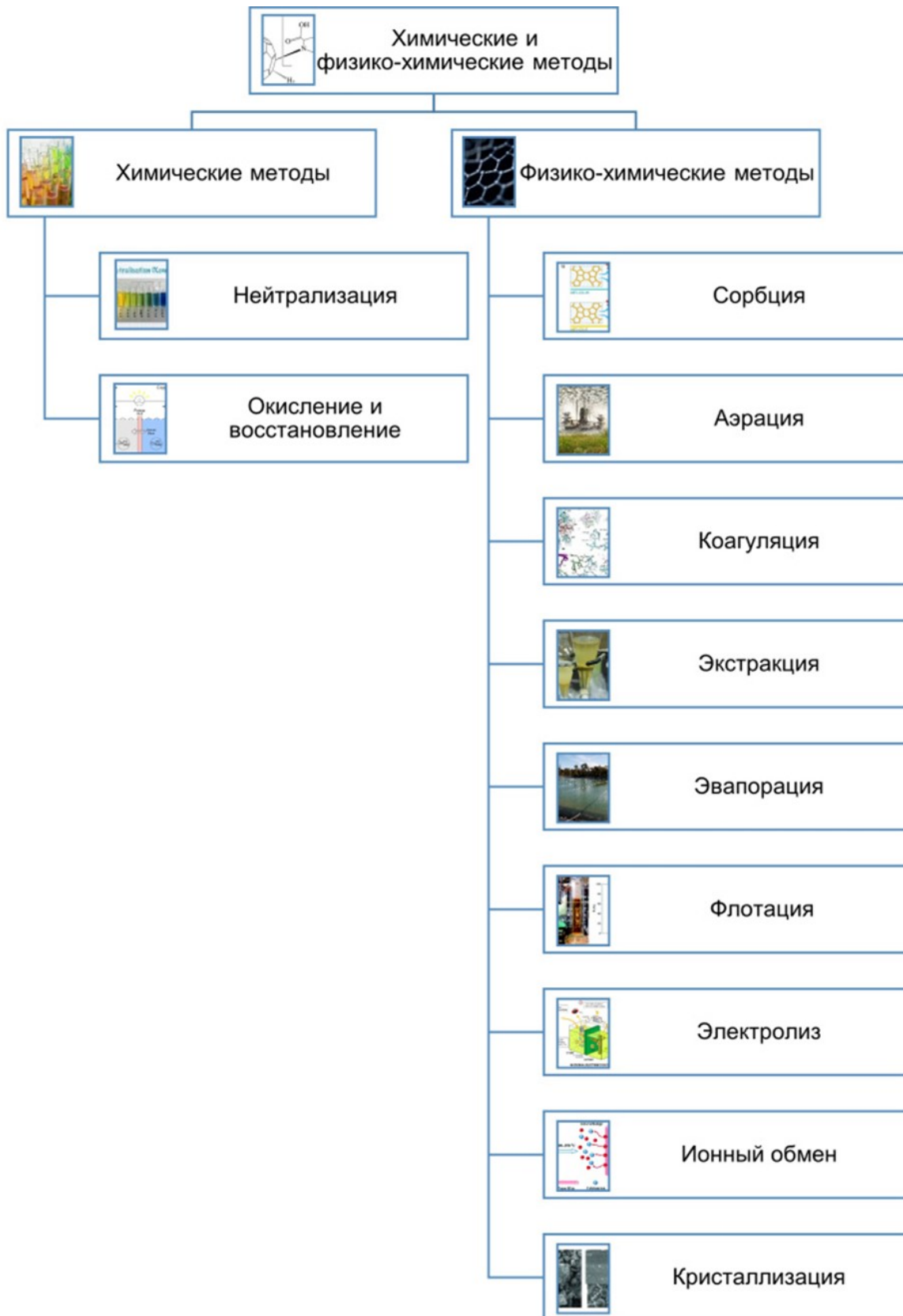


Рисунок 5.25. Химические и физико-химические методы очистки сточных вод

Химическая водоочистка основана на химических реакциях реагентов с загрязняющими веществами в водном растворе и обезвреживании последних путем перевода в неопасные соединения или связывания загрязнителей в нерастворимые

комплексы. Химические процессы при очистке воды идут с одинаковой скоростью в произвольном объеме жидкости, потому этот метод считается производительным. Химическая очистка на предприятиях лежит в основе обеспечения оборотного водоснабжения и обезвреживания промышленных вод.

Таблица 5.21. Характеристика методов химической очистки

| № п/п | Методы очистки сточных вод | Характеристика метода |
|-------|----------------------------|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Нейтрализация | При использовании метода оптимизируют кислотно-щелочной баланс на основе протекания реакции нейтрализации между кислой и щелочной средой с образованием солей |
| 2 | Окисление | За счет действия хлора и его соединений, проявляющих сильные окислительные свойства, происходит изменение форм целевых веществ. Погибают патогенные микроорганизмы, токсичные органические вещества окисляются и переходят в менее вредные. |
| 3 | Восстановление | На основе метода подготавливаются окисленные формы токсичных хрома, мышьяка, ртути, металлов свинца и никеля в молекулярное состояние с целью дальнейшего отделения с помощью методов коагуляции, флотации, отстаивания и связывания на фильтрах для химической очистки воды |

К физико-химическим методам очистки сточных вод относятся сорбция, аэрация, коагуляция, экстракция, эвапорация, флотация, электролиз, ионный обмен, кристаллизация.

Таблица 5.22. Физико-химические методы очистки

| № п/п | Методы очистки | Характеристика метода |
|-------|----------------|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Сорбция | Сорбент (твердое тело) погружается в воду с растворенными загрязняющими веществами и поглощает их |
| | | |

| | | |
|---|--------------|--|
| 2 | Экстракция | <p>В основе метода лежит способность отдельных видов загрязнений растворяться в жидкости, не смешивающейся со сточными водами (например, гексан). При добавлении такой жидкости в сточные воды загрязнения переходят в нее. При последующем удалении последней из сточных вод загрязненность стоков уменьшается. Этим методом удаляют фенолы и жирные кислоты</p> |
| 3 | Аэрация | <p>Метод удаляет летучие вещества, такие как сульфиды, сероводород, а также поверхностно-активные вещества (ПАВ) за счет окисления кислородом и перевода поллютантов в газовую фазу</p> |
| 4 | Флотация | <p>Загрязнения удаляются за счет насыщения воды крошечными пузырьками воздуха, к которым прилипают частицы-загрязнители (нефтепродукты, жиры, волокна) и вместе с пузырьками всплывают на поверхность.</p> |
| 5 | Коагуляция | <p>Коагулянты (сернокислородное, сернистокислородное, хлорное железо, сернокислый алюминий, алюминат натрия) при добавлении в воду образуют гелеобразные хлопья гидрооксида железа и алюминия, которые захватывают коллоидные взвешенные частицы в сточной воде и оседают на дно. Для ускорения коагуляции в воду добавляются флокулянты (например, полиакриламид, активированная кремниевая кислота), за счет которых хлопья укрупняются и упрочняются. Для удаления органических примесей используют активный ил, а сам процесс носит название биокоагуляции</p> |
| 6 | Ионный обмен | <p>Очистка воды производится за счет процесса обмена между ионами, находящимися в сточной воде, и ионами, присутствующими на поверхности твердой фазы – ионита. С помощью этого метода извлекаются ценные примеси,</p> |

| | | |
|---|----------------|--|
| | | такие как цинк, хром, медь, свинец, ртуть и другие металлы, а также соединения фосфора и мышьяка, ПАВ и радиоактивные вещества |
| 7 | Эвапорация | При использовании метода загрязнения отгоняют вместе с циркулирующим водяным паром. Отделение загрязнений производят затем раствором щелочи. Метод применяется для удаления летучих веществ |
| 8 | Кристаллизация | Метод построен на выделении твердой кристаллической фазы из растворов, расплавов и газов. При изменении температуры загрязненных вод получают перенасыщенные растворы находящихся в них веществ, которые затем преобразуются в кристаллы |
| 9 | Электролиз | Этим методом разрушают органические вещества за счет электрохимического окисления на аноде или регенерируют кислоты, щелочи, металлы |

Химическое осаждение используется главным образом для удаления из стоков растворимых ионов металлов. Растворимые металлы можно осадить из сточных вод путем корректировки значения рН. В стоки добавляется реагент, например, известь, гидроксид натрия, сульфид натрия или комбинация реагентов, что приводит к образованию нерастворимых соединений с металлом в виде осадка. Эти нерастворимые соединения могут быть удалены из воды путем фильтрации. Добавление коагулянта или флокулянта способствует формированию более крупных хлопьев, которые легче отделить, и часто используется для повышения производительности системы очистки.

Для удаления из стоков таких металлов, как железо, свинец, цинк, марганец и т. д., обычно используется осаждение. Гидроксиды металлов, как правило, нерастворимы, поэтому для их осаждения широко используется известь.

Сульфиды металлов также нерастворимы, и в щелочной среде используются такие реагенты, как сернистый натрий, гидросульфид натрия и тримеркаптосульфотриазин (ТМС).

В некоторых случаях осаждение смеси металлов может осуществляться в два этапа: сначала посредством гидроксида, а затем с помощью сульфидного осаждения. В целях удаления избыточных сульфидов после осаждения возможно добавление сульфата железа.

На многих установках, где удаляются металлы, одной из главных проблем для достижения необходимых предельных значений стоков является коллоидное состояние осажденных металлов. Оно может возникнуть в результате некачественной нейтрализации и флокуляции. Для улучшения состояния осаждаемого металла можно использовать различные флокулянты и коагулянты, и поставщики таких материалов способны проводить испытания на осадках и указывать правильный коагулянт.

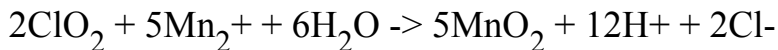
Состав стоков меняется в зависимости от качества концентрата/сырья и состава последующих отходящих газов, которые прошли очистку во влажных системах. Кроме того, различные источники дозированной подачи материалов или погодные условия, способствующие образованию ливневых стоков, повышают разнообразие потоков сточных вод. Часто для оптимизации эксплуатационных характеристик требуется адаптация технологических параметров.

Химические методы очистки (нейтрализация) применяются для очистки кислых сточных вод, содержащих металлы (тяжелые металлы), повышением величины рН кислых растворов путем добавления щелочных реагентов с целью образования осадка.

Достоинством нейтрализации является возможность предварительной очистки сточных вод, с целью увеличения эффективности процесса очистки в целом.

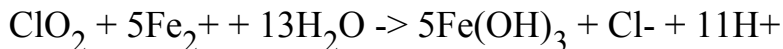
ОАО "Учалинский ГОК" осуществляет обработку стоков комбинатов, основанной на реакции нейтрализации свободной серной кислоты, определяющей низкие значения рН очищаемых вод, с последующим образованием гидроксидов тяжелых металлов и сульфата кальция (в виде гипса). При этом на станцию нейтрализации поступает смесь всех образующихся стоков – шахтных, подотвальных, дебалансных. Основной реагент – 5 % раствор известкового молока. На выходе показатель по железу составляет 0,21 мг/дм³, меди – 0,024 мг/дм³, цинку – 0,09 мг/дм³, взвешенным веществам – 56,4 мг/дм³.

Диоксид хлора эффективно окисляет марганец (II) до марганца (IV) с выпадением в осадок оксида марганца. Поскольку хлорит-анион также реагирует с Mn (II), то вся реакция может быть представлена следующим образом:



Реакция протекает быстро и интенсивно, уже через 5 минут более 99 % оксида марганца может быть удалено фильтрованием. Этой реакции способствует скорее слабощелочная, чем кислая среда.

Диоксид хлора легко окисляет железо (II) в железо (III) с выпадением в осадок гидроксида железа (III). Поскольку хлорит-анион также легко взаимодействует с Fe (II), то вся реакция может быть записана следующим образом:



Далее образующийся осадок удаляют методом фильтрования. Этой реакции также способствует нейтральная и слабощелочная среда.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение сбросов загрязненных сточных вод в природные водные объекты.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Зависит от конкретного объекта. Эффективность очистки сточных вод с помощью химических и физико-химических методов зависит от следующих факторов:

выбор химического осадителя;

количество добавляемого осадителя;

эффективность удаления осаждаемого металла;

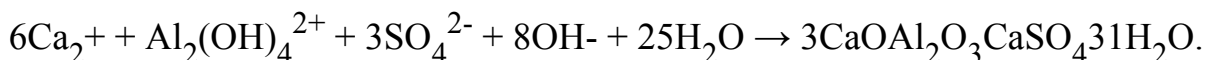
поддержание правильного значения рН в течение всего процесса очистки;

использование железистых солей для удаления определенных металлов;

использование флокулирующих или коагулирующих реагентов;

колебание состава сточных вод и наличие комплексообразующих ионов.

Данные методы очистки шахтных вод прошли промышленные испытания или были внедрены на предприятиях США, Канады, России и Китая. Для повышения эффективности очистки шахтных вод предложены различные методы доочистки предварительно осветленных нейтрализованных стоков. Наиболее часто используются методы обработки с использованием алюминий содержащих реагентов (средних и основных солей), а также гидроокиси алюминия, получаемой в процессе электрохимического растворения металла при обработке стоков в электро- или гальвано коагуляторах. Основная цель использования соединений алюминия – выделение сульфатов в виде гидросульфоалюмината кальция $3\text{CaOAl}_2\text{O}_3\text{CaSO}_4\cdot 31\text{H}_2\text{O}$ (ГСАК). Осаждение сульфатов по данному методу описывается уравнением:



Глубина выделения сульфатов данным методом зависит от расхода алюминийсодержащего реагента. Минимальное содержание сульфат-ионов в осветленной воде определяется растворимостью ГСАК и составляет 25 мг/дм³.

Локальные очистные сооружения подотвальных сточных вод с территории рудника “Купол” Кинросс Голд установлены для очистки дренажных и ливневых сточных вод с территории золотодобывающего рудника “Купол” (400 км северо-западнее г. Анадырь, Чукотский автономный округ):

Векса-100-С производительностью 100 л/сек для очистки дренажных вод;

Векса-100-С в количестве 3-х шт для очистки поверхностного ливневого стока и шахтного водоотлива;

установка Argel UV-10 для обеззараживания сточных вод;

ARD-зумпф для очистки подтоварной воды.

При выборе методов необходимо учитывать специфику производственных процессов. Кроме того, при выборе применяемых методов определенную роль могут играть размер принимающего водного объекта и скорость потока. Уменьшение объемного расхода в пользу более высоких концентраций приводит к сокращению

потребления энергии для очистки. Очистка высококонцентрированных сточных вод приведет к образованию стоков с более высокими концентрациями, но с более высокой скоростью восстановления по сравнению с менее концентрированными потоками, что позволит в целом улучшить удаление загрязняющих веществ. Эффективность очистки может достигать 90–95 %. Расход коагулянта зависит от его вида, а также состава и требуемой степени очистки сточных вод и составляет 0,1–5 кг/м³ сточных вод. На ООО "Ловозерский ГОК", руднике "Карнасурт" используются реагенты: флокулянты – "Магнафлок 333", "Праестол 2515"; коагулянты – полиоксихлорид алюминия ("Аква-Аурат-30"), хлорид железа (FeCl₃).

Для окисления 1 мг марганца необходимо 2,5 мг диоксида хлора при pH > 7. Для окисления 1 мг железа необходимо 1,3 мг диоксида хлора при pH > 5.

Кросс-медиа эффекты

Образуется гораздо больше осадка, сброс которого на полигон ТБО недопустим. Также осадок трудно поддается обезвоживанию. Необходимо большое количество электроэнергии.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо для предприятий, осуществляющих сбросы сточных вод.

Экономика

Рассчитывается согласно проектно-сметной документации. Экономически выгодно, но требует индивидуального подхода.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства. Социально-экономические аспекты. Сокращение сбросов загрязняющих веществ в естественные водные объекты.

5.6.7. Биологическая очистка

Описание

Биологическая очистка сточных вод основана на использовании жизнедеятельности микроорганизмов (бактерий). Бактерии очищают за счет окисления органических веществ, находящихся в загрязненных водах в растворенном состоянии. Биохимическим методом удастся освободиться от органических загрязнений, остающихся в воде после механической очистки на 90 % и выше.

Техническое описание

Наиболее эффективным, достаточно простым и доступным является метод биологической очистки. Он основан на природной способности естественных экосистем утилизировать разнообразные неорганические и органические вещества с помощью сообщества микроорганизмов, т.е. активного ила. Данный вид очистки предпочтителен для сточных вод, содержащих органические соединения. При биологической очистке удаляют из сточных вод наиболее мелкие взвешенные вещества, оставшиеся после механической очистки. После полной биологической очистки

получается не загнивающая жидкость, содержащая растворенный кислород и нитраты [70].

Биологическую очистку ведут в условиях, близких к естественным или искусственно созданным. Естественная биологическая очистка сточной воды происходит на полях орошения, полях фильтрации и в биологических прудах. Процесс очищения происходит медленно за счет запаса кислорода в воде биологических прудов и в почве, а также в результате деятельности микроорганизмов-минерализаторов, которые окисляют органические загрязнения.

Искусственная биологическая очистка производится на биологических фильтрах или аэротенках. Очистительные сооружения, в которых очистка вод осуществляется в искусственно контролируемой среде (например, аэротенки и биологические фильтры). В этих установках создаются условия, ускоряющие процесс биоочистки. Осветленные сточные воды, получающиеся в процессе очистки, выпускают в водоемы после ее обеззараживания посредством хлорирования. Для естественной биологической очистки отводят и специально оборудуют поля орошения или фильтрации. Очистные станции с биофильтрами сооружают для средних и малых населенных пунктов.

В процессе биологической очистки, так же как при механической, получается большое количество осадков (ила), которое направляется в метантенк для сбраживания. Затем осадок обезвоживают, т. е. подсушивают на иловых площадках или искусственными методами (вакуум-фильтрацией, термической сушкой). После обезвоживания сброженный осадок можно использовать как удобрение [71].



ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА
Классического процесса биологической очистки стоков на очистных сооружениях

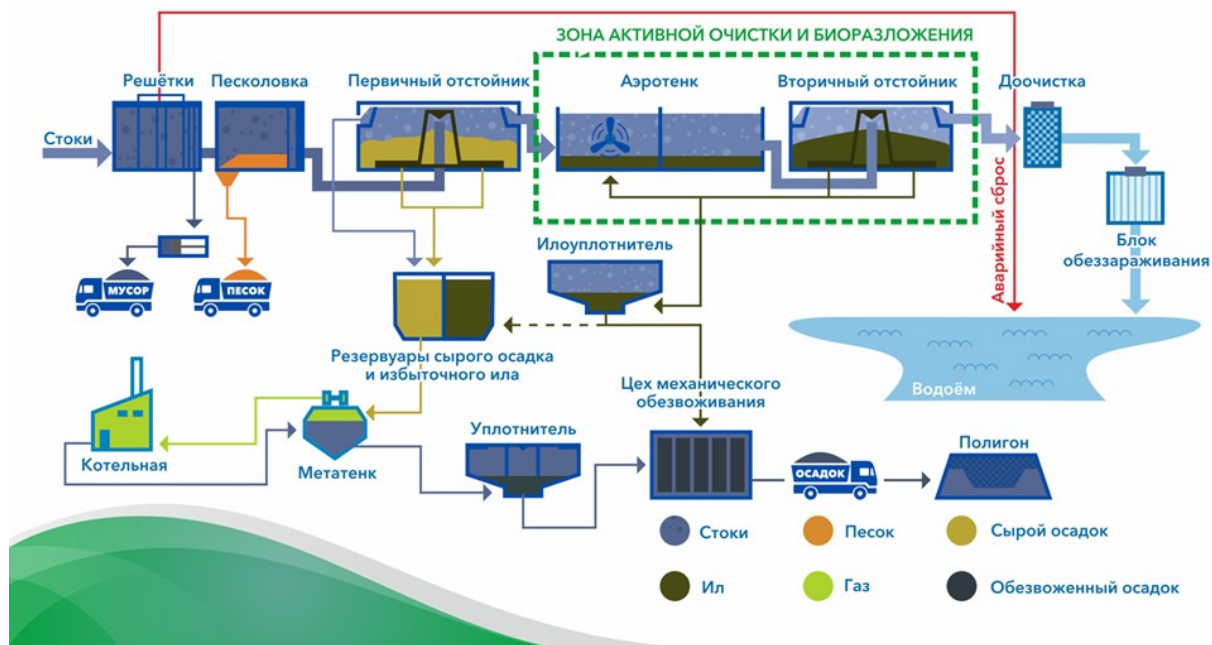


Рисунок 5.26. Классическая схема биологической очистки стоков

Биологический и биохимический метод

Метод позволяет очистить воду от примесей железа, сероводорода, аммония, марганца, уменьшить жесткость воды, удалить привкусы и цвет, обеззаразить от бактерий.

Метод заключается в переработке загрязнений микроорганизмами активного ила и последующем разьединении прореагировавшей смеси. Механизм процесса состоит из нескольких стадий:

сорбционное накопление загрязняющих веществ на поверхности биомассы;

расщепление высокомолекулярных органических веществ за счет внешних ферментативных воздействий до молекул небольших размеров и проникновение их внутрь клетки;

реакции с внутренними ферментами клетки, сопровождающиеся окислением низкомолекулярных веществ до H_2O , CO_2 и синтезом новых клеточных веществ.

Биологический пруд – искусственно созданный резервуар малой глубины, предназначенный для очистки и доочистки сточных вод. Такая очистка является биологической очисткой первой категории. Биологические пруды должны содержать большое количество водорослей, которые синтезируют кислород – без него невозможно создать комфортные условия для жизни микроорганизмов. Так как водоросли используют углекислый газ и аммонийный азот, выделяющиеся в результате

разложения органических веществ, необходимо соблюдать оптимальные условия температуры и рН-среды. Наличие фильтрационных полей – одно из обязательных условий работы биологического пруда, на них сбрасываются стоки.

Биологические пруды из-за небольшой глубины применяются для очистки выпадающих в водохранилище рек и промышленных стоков. Ряд недостатков биопрудов :

- относительно малая производительность;
- необходимость больших площадей земли;
- сезонность – наибольшая результативность проявляется летом.

Анаэробная очистка

Такой процесс очистки ведется при помощи бактерий, которым для жизнедеятельности не требуется кислород. Его принято называть брожением.

Анаэробные процессы необходимы для перевода трудно окисляемых веществ до легко усваиваемых на следующей аэробной зоне. Часть органики подвергается деструкции, а остальная используется на прирост биомассы. Часто такие аппараты проектируются в две ступени. На первой – в цилиндрическую емкость организуется рецикл иловой смеси для наращивания концентрации биоценоза. Перемешивание организуется мешалками или насосным оборудованием. Вторая ступень оборудована конусным днищем, где происходит накопление осадка. На этой ступени наблюдается доокисление органических веществ, а также осаждение и уплотнение скопления микроорганизмов.

Очистку проводят в метантенках – закрытых резервуарах с трубой для отвода биогаза, образующегося в результате брожения. Степень очистки составляет 85 %.

Аэробная очистка

Происходит в результате жизнедеятельности микроорганизмов активного ила в присутствии кислорода.

При анаэробной очистке сточных вод протекают два процесса – сорбция загрязнений активным илом и их внутриклеточное окисление микроорганизмами.

В ходе аэробной очистки растворенные органокомплексы, а также не осаждающиеся твердые вещества переходят в биомассу активного ила.

В таких сооружениях обычно устанавливается загрузка, на которой непрерывно развиваются прикрепленные аэробно-факультативные микроорганизмы, обеспечивающие совместно с рециркулируемым активным илом деструкцию органических загрязнений. Для протекания биоокислительных процессов и перемешивания сточных вод с активным илом в зоны аэрации блоков биоочистки постоянно должен подаваться сжатый воздух. Очистку проводят в аэротенках и биофильтрах. Степень очистки достигает 99 % [72].

Достигнутые экологические выгоды

Глубокая очистка сточных вод от наиболее мелких взвешенных веществ.

Сокращение сбросов загрязненных сточных вод в природные водные объекты.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Биологический способ очистки является наиболее эффективным и простым в обслуживании, так как:

1. Очистка от загрязнений осуществляется за счет метаболизма микроорганизмов. Коагулянты и флокулянты для очистки воды в отличие от флотационной очистки не требуются.

2. Данный метод наиболее экономичный. Физико-химические методы очистки требуют применение большого количества дорогостоящих реагентов, которые еще к тому же дополнительно загрязняют сточные воды. Также флотатор работает 24 часа и потребляет много электроэнергии.

3. Процесс биологической очистки осуществляется самотеком без дополнительных перекачек.

4. Использование биологической схемы очистки одновременно решает вопрос минерализации образовавшихся осадков и значительно сокращает их объем.

5. Минерализованный дегельминтизированный осадок после биологических очистных сооружений вывозится на утилизацию на полигон ТБО. По согласованию с экологическими службами может применяться в качестве удобрений.

6. Степень очистки гораздо выше [73].

Очистка сточных вод биологическим методом имеет высокую эффективность: КПД автономной системы достигает 99 %, что отвечает требованиям экологического законодательства. Сравнительная характеристика аэробной и анаэробной очистки показана в таблице 5.23.

Таблица 5.23. Сравнительная характеристика аэробной и анаэробной очистки

| № п/п | Аэробная | Анаэробная |
|-------|--|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Удаление 99 % органических загрязнений, соединений азота и фосфора | Степень очистки – 85 % |
| 2 | Требуется кислород | Требуется углекислый газ и нитраты |
| 3 | Воздух подается воздуходувками | Бактерии выделяют метан, поэтому необходима система вентиляции |
| 4 | Аэробные микроорганизмы на фоне окисления распадаются на углекислый газ, воду и минеральный осадок | Микроорганизмы присутствуют в стоках в малых количествах |

Биологический процесс относится к числу экологически безопасных методов деструкции (разложения) органических соединений. Они также предпочтительны по

сравнению с физическими и химическими процессами, которые обусловлены способностью биологических процессов обрабатывать широкий спектр органических соединений с более низкими эксплуатационными затратами. Однако на биологические процессы обычно влияет изменение качества и количества поступающих вод. Чтобы исследовать производительность водоочистных сооружений, необходимо измерить различные параметры качества сточных вод, такие как ХПК, БПК и другие. Микроорганизмы в биореакторах используют различные ферменты для разложения органических загрязнителей. Более высокая токсическая органическая нагрузка на биологический процесс может привести к ухудшению производительности процесса из-за снижения микробной активности биомассы.

Фермент дегидрогеназа, образующийся в данных процессах, может использоваться в качестве индикатора для биологической очистки сточных вод. ООО НПО "Агростройсервис" были изучены эффективные параметры, такие как время инкубации и другие методы, и разработана лучшая процедура для измерения активности дегидрогеназы в процессе биологической очистки сточных вод. Настоящее исследование представляет простой и модифицированный метод оценки процесса биологической очистки сточных вод с помощью измерения активности дегидрогеназы [72].

Примером биологической очистки сточных вод может служить крупное предприятие города Волгограда – экологический центр АООТ "Каустик". Проектная производительность очистных сооружений – 196,2 тыс м³ сточных вод в сутки. На данном предприятии после традиционной механической очистки промышленные и хозяйственно-бытовые воды смешиваются и поступают общим потоком на биологическую очистку в аэротенки с пневматической аэрацией воздухом. Очищающим началом в них является активный ил, состоящий из бактерий и микроскопических животных, которые используют для процессов своей жизнедеятельности компоненты сточных вод.

Кроме того, наиболее эффективно работающими очистными сооружениями города Волгограда являются: МУПП "Волгоградводоканал" на острове Голодный, проектная производительность очистных сооружений – 400 тыс м³ сточных вод в сутки.

Эффективные очистные сооружения по биологической очистке сточных вод эксплуатируются в городе Волжском, являющимся крупнейшим в области центром химической промышленности [71].

Основными преимуществами биологической очистки, проявляющимися при использовании еУ в различных сферах промышленности, являются:

удаление широкого спектра загрязняющих веществ – азотных и фосфорных групп, нефтепродуктов, фенолов, СПАВ, соединений во взвешенной, растворенной, коллоидной формах;

экологическая безопасность (сложные вещества используются живой экосистемой как средство питания, при этом они перерабатываются до простых безвредных продуктов, таких как вода, диоксид углерода и т. п.);

низкая себестоимость очистки (по сравнению с физико-химической очисткой применение реагентов сводится к минимуму);

использование образующегося в процессе очистки активного ила в качестве удобрений и для рекультивации почв после его обеззараживания (он содержит большое количество питательных элементов, необходимых для роста и развития растений) [74].

Кросс-медиа эффекты

Очистка сточных вод в основном только от органических загрязнений.

Требуется предварительная очистка от ядохимикатов и кислот.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо для предприятий, осуществляющих сбросы сточных вод.

Экономика

Низкая себестоимость очистки.

Низкие эксплуатационные затраты.

По сравнению с другими методами очистки применение реагентов сводится к минимуму.

Движущая сила внедрения

Экологическая безопасность.

Требования экологического законодательства.

Социально-экономические аспекты.

Сокращение сбросов загрязняющих веществ в естественные водные объекты.

5.7. НДТ, направленные на сокращение воздействия отходов процессов в производстве алюминия

5.7.1. Использование отходов добычи и обогащения в качестве сырья или добавки к продукции во вторичном производстве и строительных материалов

Описание

Техника состоит в использовании основных технологических отходов добычи (вскрышные и вмещающие породы, породы от обогащения, шлама бокситового отвального) с целью производства строительных материалов, материалов для рекультивации, отсыпки технологических дорог.

Таблица 5.24. Использование отходов горнодобывающей промышленности в отраслях

| № п/п | Отрасль использования | Вид получаемой продукции |
|-------|-----------------------|---|
| 1 | 2 | 3 |
| | | Вязущие, керамика, огнеупоры, бетоны, асфальтобетоны, |

| | | |
|---|------------------------|--|
| 1 | Строительные материалы | пенобетоны, сухие строительные смеси, минеральная вата, другие виды материалов |
| 2 | Строительство | Отсыпка дорог, заполнение выработанного пространства горных выработок, обустройство нефтяных скважин, балласт на буровых платформах, укрепление дорожного полотна, защитные сооружения |
| 3 | Сельское хозяйство | Минеральные удобрения, компонент комплексных удобрений, мелиоративный слой |
| 4 | Металлургия | Металлы, оксиды металлов, "белая сажа", жидкое стекло, флюс |
| 5 | Другие отрасли | Сорбенты, реагенты для очистки воды в открытых водоемах, искусственные геохимические барьеры, другие виды материалов |

Техническое описание

Основными продуктами, получаемыми из отходов обогащения, являются щебень и песок различной крупности, шлам бокситовый отвальный и т. д.

Щебень – материал крупностью более 5 мм, получаемый разделением на фракции отходов обогащения сухой магнитной сепарации и отсадки.

Песок – материал крупностью 0,14–3(5) мм, получаемый разделением на фракции отходов мокрой сепарации, флотации, и класс минус 5 мм, выделяемый сухой магнитной сепарацией. Тонкозернистый песок – материал крупностью менее 0,14 мм.

Щебень, полученный из отходов обогащения, используется для производства тяжелых бетонов, строительства автомобильных дорог, устройства балластного слоя внутризаводских железнодорожных путей, создание искусственных оснований под фундаменты зданий, обратных засыпок, производства холодного асфальта.

Шлам бокситовый отвальный, получаемый при производстве глинозема, предназначен для реализации и использования в качестве вяжущего компонента при производстве строительных материалов, сооружений, автодорог и других видов строительных работ.

При определении наиболее рациональных областей применения песков на основе хвостов обогащения руд необходимо исходить из фактической их крупности. Пески крупностью плюс 0,14 используются в строительстве в качестве мелкого заполнителя для приготовления тяжелого бетона и раствора, в асфальтобетонных смесях (в качестве заполнителя), для производства силикатного и шлакового кирпича, а также в качестве

отошающей добавки для изготовления глиняного кирпича, в качестве балластного материала, при производстве деталей и конструкций широкой номенклатуры для жилищно-гражданских промышленных зданий и сооружений.

Тонкозернистые пески крупностью менее 0,14 мм являются эффективным сырьем для автоклавного и безавтоклавного производства изделий и конструкций из тяжелых и ячеистых силикатобетонов, могут использоваться в асфальтобетонных смесях (в качестве минерального порошка) и для получения шлакового бесклнкерного цемента.

По технологическим и физико-механическим показателям ячеистые бетоны на тонкозернистых песках из отходов обогащения соответствуют нормативным требованиям, предъявляемым к ячеистым конструктивным и конструктивно-теплоизоляционным бетонам.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение воздействия, обусловленное изъятием земель с целью организации объектов размещения отходов, загрязнением почв, подземных и поверхностных вод, обусловленное инфильтрацией загрязненных вод, сокращение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от эксплуатации объекта.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

На АО "ССГПО" хвосты сухой магнитной сепарации железнодорожным транспортом направляются на склад отвальных хвостов и используются для производства стройматериалов, включая балластировку забойных и отвальных железнодорожных тупиков при их переукладке в карьерах, отвалах и отсыпке автомобильных дорог Соколовского, Сарбайского, Куржункульского и Качарского карьеров.

Кросс-медиа эффекты

Потребность в дополнительных объемах ресурсов и материалов.

Капитальные затраты на строительство инфраструктуры и приобретение оборудования БЗК.

При использовании систем разработки с твердеющей закладкой значительная доля затрат (до 15–25 %) в добыче руды приходится на закладочные работы.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Представленные методы и технические решения общеприменимы, могут использоваться как по отдельности, так и в совокупности, но существует ряд ограничений технологического и экономического характера.

На рудниках Республики Казахстан наиболее рациональной технологией производства закладочных смесей является мельничный способ на основе цементно-шлакового вяжущего с использованием в качестве заполнителя смеси дробленной горной массы и отходов горно-металлургического производства.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Использование отходов в различных отраслях позволит уменьшить себестоимость материалов, расширить сырьевую базу строительной индустрии, улучшить экологию районов, где проводится добыча полезных ископаемых, а также получить дополнительную прибыль горным предприятиям.

Эффективность применения систем разработки с твердеющей закладкой подтверждается на горно-обогатительном комбинате "Химрудтех". Достигнута высокая производительность труда, снижены потери полезного ископаемого с 30 до 4,4 %. Разубоживание руды уменьшилось на 3–4 %, а объем ее добычи руды из целиков возрос до 50–60 % по сравнению с 5–10 % при системах разработки с обрушением боковых пород.

Движущая сила внедрения

Сокращение отходов производства при добыче и обогащении бокситовой руды. Экологическое законодательство.

5.7.2. Использование отходов при заполнении выработанного пространства

Описание

Использование пустых пород и/или хвостов обогащения в закладочных смесях для заполнения подземных пустот.

Техническое описание

Заполнение выработанного пространства карьеров отходами горнодобывающей деятельности (вскрышные и вмещающие породы, хвосты) следует расценивать как ликвидацию горных выработок, являющуюся одной из стадий технической рекультивации. Использование отработанных карьеров для внутреннего отвалообразования является примером комплексного подхода к освоению участков недр земли. Данный способ применяется для решения проблем сокращения затрат на транспортировку вскрышных пород и уменьшения изъятых территорий на поверхности для размещения отходов добычи полезных ископаемых.

Для рудных месторождений распространение получила засыпка внутреннего пространства располагающихся вблизи отработанных карьеров. Такой способ использования выработанного пространства применен на карьере "Старый Сибай" башкирского медно-серного комбината, юго-восточном участке карьера "Объединенный" на учалинском ГОКе, карьерах объединений "Южуралникель", "Севбокситруда", Донского ГОКа и др.

При системах с закладкой выработанного пространства используют отходы переработки руд как при формировании несущих массивов, так и в качестве сыпучей закладки. Ограничения в полном использовании хвостов для закладки подземного выработанного пространства создает их шламовая часть. Преодолевают это ограничение путем совершенствования способа подачи техногенной смеси в выработанное подземное пространство, используя добавки, связывающие воду и

шламовую часть и соответствующим образом подготавливая закладочную массу. Используют механическую или пневматическую подачу обезвоженных материалов, гидравлическую подачу тиксотропных смесей.

Перспективные и широко применяемые технологии размещения отходов обогащения руд разработаны с появлением нового класса оборудования для обезвоживания текущих отвальных хвостов до состояния пасты – пластинчатых и пастовых сгустителей. Технология пастовой закладки позволяет использовать выработанное пространство карьера, в том числе при комбинированной геотехнологии в качестве емкости для складирования отходов обогащения руд. Минимальное выделение воды из пастовой закладочной смеси снижает риск затопления участка ведения подземных работ под дном карьера, что позволяет проводить рекультивацию его выработанного пространства на этапе развития подземных горных работ.

Особенность технологии размещения текущих хвостов обогащения руд в выработанное горное пространство состоит в том, что они подаются в карьерное или подземное пространство в виде продукта, обезвоженного (сгущенного) до состояния пасты (процент твердого около 70 %), а для изоляции сооружается искусственный массив требуемой мощности.

Одна из наиболее распространенных схем утилизации текущих хвостов обогащения в выработанном подземном пространстве – это пастообразная закладка выработанного пространства рудника с установкой узла обезвоживания на дневной поверхности. Данная технология предусматривает строительство узла обезвоживания на промплощадке подземного рудника, гидроизоляционных перемычек. Преимуществом данной технологии является отказ от складирования текущих хвостов в хвостохранилища, снижение экологической нагрузки на окружающие территории, использование оборотной воды. Основным недостатком являются высокие затраты на строительство комплекса обезвоживания, подземного закладочного комплекса (ПЗК), транспортировку пастообразной закладочной смеси. Данная технологическая схема применялась на учалинском ГОКе при подготовке текущих хвостов обогащения для их дальнейшей утилизации в шахте.

Одним из способов использования отходов в горнодобывающей промышленности является закладка выработанного пространства подземных горных выработок, реализованная на многих рудниках.

При системах с закладкой возможно использование отходов как при формировании искусственных твердеющих массивов, так и в качестве закладочных материалов. Вовлечение отходов добычи и обогащения руд в производство твердеющих закладочных смесей является важным направлением на пути к сокращению объемов накопления отходов.

Твердеющая закладка основана на использовании трубопроводного гидравлического и пневматического транспорта твердеющих закладочных смесей и

заполнении ими выработанного пространства. Твердеющая закладка получила широкое применение благодаря своему основному преимуществу – возможности создания монолитного массива необходимой прочности.

Твердеющая закладка успешно применяется за рубежом в Канаде, США, Японии, Швеции, Финляндии, Индии, Германии, Австралии при разработке полиметаллических, медных, железных и других руд. В настоящее время системами с твердеющей закладкой в странах СНГ добывается 25 % руд цветных и ценных металлов, в Австралии – 30 %, Канаде – 40 %, Финляндии – 85 %, Франции – 87 %. Это свидетельствует об эффективности применения этих систем разработки, несмотря на дополнительные расходы, которые перекрываются качеством полученной продукции и отсутствием затрат на обогащение.

Выемку запасов руд системами разработки с твердеющей закладкой на сегодняшний день в Казахстане осуществляют или планируют осуществлять на многих горнодобывающих предприятиях. На подземных рудниках ТОО "Корпорация "Казахмыс", ТОО "Востокцветмет" KAZ Minerals PLC и ТОО "Казцинк" применяются также гидравлическая и сухая породная закладка выработанного пространства [75, 76].

Анализ составов твердеющей закладки зарубежных и отечественных рудников показал, что наиболее часто используют в качестве вяжущих материалов – цемент, шлак, пирротин, хвосты обогащения. Из инертных заполнителей распространены хвосты обогащения, песок, отвальная горная порода, щебень, гравий, известняк, шлак и др. [77, 78].

В последние годы горнорудные предприятия ТОО "Казцинк" стали уделять большое внимание вопросам рационального недропользования, в частности утилизации пустой породы от проходческих работ в закладку, а также использования шахтных вод для приготовления закладочных смесей. В результате проведенных на руднике исследовательских работ разработаны и внедрены в производство рациональные схемы подачи пустой породы от проходческих работ в пустоты отработанных камер без выдачи породы на поверхность [79].

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение объемов образования и накопления отходов добычи и обогащения.

Кросс-медиа эффекты

Для устранения проблемы возможного загрязнения грунтовых вод требуется проводить обезвоживание хвостов.

При использовании систем разработки с твердеющей закладкой значительная доля затрат (до 15–25 %) в добыче руды приходится на закладочные работы.

Высокая металлоемкость закладочных комплексов предопределяет их стационарное расположение и ограничивает область применения систем с твердеющей закладкой.

При этом постоянное перемещение очистных работ приводит к увеличению расстояния транспортировки твердеющей смеси, что требует дополнительных затрат на сохранение ее технологических свойств и перемещение смеси.

Технические соображения, касающиеся применимости

Представленные методы и технические решения общеприменимы, могут использоваться как по отдельности, так и в совокупности, но существует ряд ограничений технологического и экономического характера.

На рудниках Республики Казахстан наиболее рациональной технологией производства закладочных смесей является мельничный способ на основе цементно-шлакового вяжущего с использованием в качестве заполнителя смеси дробленной горной массы и отходов горно-металлургического производства.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Эффективность применения систем разработки с твердеющей закладкой подтверждается на горно-обогатительном комбинате "Химрудтех". Достигнута высокая производительность труда, снижены потери полезного ископаемого с 30 до 4,4 %. Разубоживание руды уменьшилось на 3–4 %, а объем ее добычи из целиков возрос до 50–60 % по сравнению с 5–10 % при системах разработки с обрушением боковых пород [80].

5.7.3. Использование отходов при ликвидации горных выработок

Описание

Использование отходов и технологических остатков добычи и обогащения полезных ископаемых на техническом этапе рекультивации нарушенных земель при подтверждении возможности их использования:

- вскрышных и вмещающих пород;
- хвостов;
- отходов производства алюминия;
- золошлаков.

Техническое описание

При рекультивации и ликвидации выработанных карьеров предлагаются способы совмещения проведения технического этапа рекультивации для открытых горных выработок с подготовкой подстилающих слоев и плодородной почвы.

Сущность способов сводится на первом этапе к закладке выработанного пространства разреза вскрышными породами, не представляющими потенциальной опасности для загрязнения подземных вод, из внешних отвалов, исходного состояния разреза до уровня заполнения выработанного пространства подземными водами. Первый этап заканчивается отделением заполненного пространства водоупорным слоем глины мощностью 0,8–1,0 м.

На втором этапе выработанное пространство заполняется промышленными отходами, обеспечивая их захоронение, который отделяется водоупорным слоем глины мощностью 0,5–0,7 м.

На третьем этапе выколаживаются откосы бортов по линии среза бортов С-С для планировки заданного угла восстановленной территории с использованием остатков вскрышных пород внешних отвалов, а затем наносится водоупорный слой глины 0,5–0,7 м для предотвращения перехода загрязняющих веществ отходов и технологических остатков в плодородный слой.

На четвертом этапе в зависимости от вида планируемой растительности и глубины ее корневой системы, а также вида переработанного отхода и технологического остатка на площади рекультивируемого пространства формируется плодородный слой из плодородных или потенциально плодородных почв послойно, сверху и/или снизу слоя остатков сточных вод, донного ила, отходов животноводства мощностью 0,1–0,2 м, слоя котельного шлака дробленного.

Вариантов формирования плодородного слоя при наличии разнообразных отходов может быть бесчисленное множество и зависит от количества полезных веществ в них, выбранной растительности и многих других факторов, определяющих экономическую целесообразность использования материалов. Возможно перемешивание материалов в соотношении 1:1– 1:2 в зависимости от типа растительности и укладка единым слоем мощностью 0,2–0,6 м. На пятом этапе на рекультивируемую площадь наносится плодородный слой мощностью 0,15–0,2 м или потенциально плодородной слой почвы мощностью 0,3–0,5 м, в который для улучшения плодородия вносят брикетированное удобрение из остатков сточных вод с расходом 100–180 г/м².

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение складирования отходов производства.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

НДТ позволяет сократить изъятие земель под объекты размещения отходов и технологических остатков, загрязнение почв, поверхностных водных объектов и подземных вод. Также сокращаются затраты на технический этап рекультивации, расходы на транспортировку отходов и технологических остатков до объектов их размещения. Снижение пыления до 60 г пыли/т хвостов.

Кросс-медиа эффекты

Сведения отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо при ликвидации и рекультивации карьеров.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае. Применения данного мероприятия позволяет сократить затраты, связанные с рекультивацией, а также с транспортировкой отходов.

Движущая сила внедрения

Сокращение отходов и технологических остатков производства при добыче и обогащении руд цветных металлов. Экологическое законодательство.

5.7.4. Переработка отходов добычи и обогащения (вторичные минеральные ресурсы, техногенные месторождения) с целью извлечения основных и попутных ценных компонентов

Описание

Вторичные минеральные ресурсы в горнодобывающей отрасли – это горные породы, отходы и технологические остатки обогащения, которые можно применять в производстве в качестве исходного сырья или как конечный материал – в качестве дополнительных материальных ресурсов.

Основными источниками вторичных ресурсов в горнодобывающей отрасли служат техногенные отходы, образующиеся при добыче и обогащении (переработке) минерально-сырьевых ресурсов и сконцентрированные в техногенных образованиях (породные, шлаковые и зольные отвалы, хвостохранилища и т. п.).

В данном разделе описаны методы, техники или их совокупность для промышленного использования, локализации и нейтрализации техногенных и природно-техногенных объектов.

Техническое описание

Типичные этапы технологических процессов в горнодобывающей промышленности включают в себя добычу полезного ископаемого, его обработку с получением полезной продукции, отгрузку, организованное складирование отходов и технологических остатков добычи и переработки сырья.

Технологические условия ведения горных работ характеризуются:

неэффективным использованием запасов, с нередко практикующейся выборочной отработкой богатых запасов, что ведет к ухудшению их структуры;

высоким уровнем потерь полезных ископаемых на стадиях добычи и переделов;

применением технологий и систем отработки месторождений, ведущих к увеличению объемов отходов.

При добыче вместе с полезным ископаемым извлекаются пустые породы, а при обработке образуются хвосты. Отходы (пустые породы и хвосты), складированные в отвалах и хвостохранилищах при производстве товарных железных руд, медных, цинковых и пиритных концентратов содержат значительное количество меди, цинка, серы, редких элементов и в дальнейшем могут быть вторично переработаны или использованы в различных целях.

Данное мероприятие может быть реализовано путем:

ревизионного апробирования хвостохранилищ и отвалов на содержание в них попутных ценных компонентов, переоценка их и при положительных результатах проведение геологоразведочных работ с разработкой технико-экономического обоснования повторной разработки и обогащения накопленных хвостов обогащения и заскладированных пород;

более полного использования на экономической основе попутно добываемых вскрышных пород.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение объемов образования и накопления отходов и технологических остатков добычи и обогащения. Освобождение занимаемых отходами земель и их рекультивацию, и ликвидацию источников загрязнения окружающей среды. Рациональное использование минеральных ресурсов в недрах, так как запасов полезных компонентов, накопившихся в отходах ГОКов, достаточно, чтобы удовлетворить потребности на многие десятилетия вперед. Улучшение условий труда, так как техногенные месторождения расположены на поверхности в отличие от все более глубокозалегающих обычных месторождений полезных ископаемых.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Техногенные месторождения (ТМ) представляют собой новый источник минерального сырья, формирующийся в процессе горнопромышленного производства. Привлекательными особенностями для освоения техногенных месторождений являются поверхностный характер залегания, расположение в преимущественно освоенных районах, раздробленность рудной массы и своеобразие минерального состава руд. Они могут служить крупным потенциальным источником различных полезных компонентов, в т. ч. цветных, редких, благородных и других металлов [81].

Техногенные месторождения цветных и редких металлов объединяют месторождения, возникающие при добыче, сложенные вскрышными и вмещающими породами и некондиционными рудами, представлены рыхлыми, полускальными и скальными горными породами и рудами различного вещественного состава, слагающими коренные месторождения и при обогащении и переработке продуктов обогащения руд цветных (Cu, Zn, Pb, Al и Mg) и редких (Ni, Sn, Mo, W, Bi, V, Co, As, Sb и Hg) металлов, представленными хвостохранилищами, сложенными измельченным материалом с водонасыщением до 20-50 %, плотностью от 1,5 до 2,5 т/м³ и содержанием глинистых частиц до 50 %. Как правило, техногенные месторождения этой группы относятся к месторождениям смешанного типа, т. е. пригодны как для доизвлечения металла, так и получения стройматериалов. Металлоносные участки представлены системой разобщенных пластообразных, линзообразных,

изометрических и неправильной формы тел. В хвостохранилищах помимо цветных и редких металлов наблюдаются повышенные содержания благородных металлов (Ag, Au, Pt) и редкоземельных и рассеянных металлов (Ge, Se, Te и др.).

Примером реализации переработки техногенных месторождений от процессов добычи в Республике Казахстан является проект, реализуемый ERG Recycling. В июне 2021 года компания начала эксплуатационную разведку и попутную селективную добычу отвала вскрышных пород "Объединенный" Донского ГОКа. Отвал вскрышных пород "Объединенный" сформирован в период 1940–1992 гг в результате карьерной разработки месторождений хромовых руд Южно-Кемпирсайского горнорудного района.

Перспективы освоения данного объекта связаны с запасами хромсодержащих пород, так называемых "дуг", образованных в результате выгрузки на отвал пород и некондиционных руд во время эксплуатации карьеров, а также с прогнозными ресурсами нижележащих горизонтов этих рудосодержащих залежей.

Была предложена послойная селективная система разработки с опережающим проведением разведки и вскрышных работ. Данная система разработки в сложных геологических условиях отвала оправдала себя в процессе работ в 2021 году. Техника заключается в технологии селективной выемки на основе механизации процессов с использованием экскаваторов малого и среднего класса при отработке техногенных залежей маломощных рудосодержащих пород, образованных железнодорожным и автомобильным транспортом (технология формирования отвалообразования), обеспечивающих дополнительными минеральными сырьевыми ресурсами с вскрышных отвалов ТМО.

Эксплуатационно-разведочные работы заключались в сгущении сети горных выработок (канав) до 25 м между разведочными канавами, которыми были выявлены хромсодержащие толщи.

В процессе геологического сопровождения забоя отслеживались рудоносные слои, в том числе с использованием данных эксплуатационной разведки. В результате указанных работ была обеспечена полнота выемки продуктивной толщи; соблюдены границы распространения хромсодержащих пород, что позволило рационально использовать горнотранспортное оборудование.

Работы по экскавации горной массы производились экскаваторами со средней вместимостью ковша (1,5–2,0 м³). Качество хромсодержащих слоев и слагающих ими толщ оценивалось при геологической документации одной из стенок канавы с применением проведения опробования стенок канавы задирковым способом.

Вся порода из отвала ТМО направляется на склад и в соответствии с конфигурациями 700–800 тонн укладывается в штабели. После чего проводится апробирование штабелей для определения содержания каждого штабеля ТМО.

Отгрузка минерального сырья на переработку осуществляется со склада с соблюдением необходимых пропорций поставки по сортам. Процесс усреднения состоит при этом в чередовании отгрузки отдельных сортов полезного ископаемого из сортовых штабелей в заданном ритме. В 2021 г. году был достигнут объем добычи 165 тыс. тонн со средним содержанием Cr_2O_3 20–25 %. Средняя ширина добычного забоя вирировалась от 4 до 12 м.

Подобная тенденция использования вторичных ресурсов наблюдается в Канаде, Великобритании, ЮАР, Испании и других странах. Вот несколько примеров: в Канаде из отходов меднорудных предприятий, содержащих 0,45 % Cu , достигается извлечение 40 % меди благодаря новым способам обогащения (кучного кислотного выщелачивания, кучного пиритного и бактериального выщелачивания); в штате Монтана (США) из отвалов рудника Мандиски получают ежегодно 2 т Au и 4 т Ag при содержании в отвалах золота – 0,84 г/т и серебра – 2,8 г/т., в штате Мичиган (США) из хвостов обогащения, содержащих 0,3 % Cu , достигнуто извлечение 60 % меди; в Болгарии из отходов, содержащих 0,1-0,15 % Cu , получают медный концентрат, себестоимость которого в 3 раза ниже, чем при получении его из природного сырья; в ЮАР из отвалов золотоизвлекательных фабрик при содержании золота – 0,53 г/т и урана – 40 г/т получают 3,5 т золота и 696 т урана в год при производительности 50000 т/сутки. Например, в США еще в 1993 году доля вторичного сырья в производстве цветных металлов составляла: по меди – 55 %, вольфраму – 28 %, никелю – 25 %.

В результате НИР ГП "Невскгеология", регионального отделения КМА Академии горных наук, НПЦ "Экоресурсы" для решения острой проблемы очистки территорий от техногенных загрязнений и попутного извлечения полезных и токсичных компонентов предложена технология отработки техногенных и природно-техногенных месторождений с помощью мобильных технологических комплексов на базе оригинальных технических решений.

Технологический комплекс предназначен для глубокой переработки техногенного сырья с извлечением полезных компонентов (золота, платины, палладия, серебра; немагнитных железа-гематитов и др.) и удаления вредных примесей (ртутьсодержащих и тяжелых металлов, радионуклидов) из хвостов обогатительных фабрик предприятий цветной и черной металлургии.

Технологический комплекс работает следующим образом: отходы (хвосты) из отвала (хвостохранилища) подаются автотранспортом в приемный бункер через колосниковый грохот, выделяющий включения крупностью +50 мм. Песок из бункера с помощью ленточного питателя и лотка подается на виброгрохот, установленный над зумпфом. Пульпоприготовление осуществляется за счет подачи технической воды на лоток, виброгрохот и зумпф в объеме 3–4 м³/т исходного продукта. Надрешетный продукт виброгрохота (+2 мм ... 50 мм) подается ленточным конвейером на склад, а

подрешетный продукт (-2 мм ... +0 мм) из зумпфа в виде гидросмеси поступает по всасывающему патрубку в кавитационную гидродинамическую роторную мельницу. Здесь происходит измельчение (диспергирование), раскрытие мелкозернистых материалов за счет высокоинтенсивных гидродинамических ударов и кавитации.

Разрушение сростков минералов тяжелых металлов (Cu, Zn, Pb, Kd, Se и др.) в благородных металлах (золото, платина, палладий, серебро) с кварцем и другими минералами осуществляется на более слабых по прочности контактах металлов с неметаллами (согласно эффекту Ребиндера), что в значительной степени облегчает выведение из хвостов обогащения ртути, тяжелых металлов-токсинов и драгметаллов.

Из мельницы пульпа направляется в многопродуктовый гидрокласификатор (МГК), где поток ламинизируется в лабиринте параллельных пластин и разделяется на фракции, отличающиеся плотностью и гранулометрическим составом зернистого материала, которые осаждаются на наклонных поверхностях, выполненных из специального материала (ламелях). В первом отсеке гидрокласификатора выделяются фракции (+0.2 мм...2.0 мм), которые виброгрохотом направляются в гидродинамическую мельницу для доизмельчения. В последующих секциях выделяются минералы, тяжелые металлы, ртуть, вредные компоненты, Си, Zn, Pb и другие.

В нижних накопительных камерах МГК происходит обогащение драгоценных и тяжелых металлов, а также других руд до концентрации в 10 раз и более от исходного (1-я стадия). Далее (до 80 %) большая часть пульпы с растворенными токсинами, радионуклидами и другими тонкодисперсными вредными включениями через сливной патрубок гидрокласификатора направляется в тонкослойный отстойник. Из накопительных нижних камер гидрокласификатора обогащенная гидросмесь минералов направляется на вторую стадию обогащения в концентраторы, в которых степень концентрации металлов увеличивается на 2–3 порядка (например, 2–3 кг/т исходного продукта по золоту при годовом выпуске концентрата 8–20 тонн).

Из концентраторов основная часть пульпы в виде обезметалленного продукта, выход которого более 90 %, с растворенными в нем токсинами и радионуклидами через неподвижные сливные коробки и сбросной пульповод направляется в тонкослойный отстойник с коагулятором. В отстойнике гидросмесь с тонкодисперсными частицами (менее 5–40 мкм.) с помощью коагулятора сгущается до состояния Т: Ж = 1:1. Сгущенная тонкодисперсная суспензия с обезметалленными продуктами направляется в карту складирования – отвал, имеющий сбросной колодец. Осветленная вода с растворенными токсинами и радионуклидами направляется в узел выделения радионуклидов и токсинов, после которого они направляются в соответствующие могильники РАО и токсинов. Очищенная от тонкодисперсных частиц и вредных

примесей техническая вода из колодца поступает в прудок-отстойник, откуда насосом обратного водоснабжения по напорным водоводам возвращается в аппараты комплекса.

На выходе комплекса выделяются тяжелые металлы и промпродукт (драгметаллы, ртуть).

Кроме того, технологический комплекс оснащен МГ-преобразователем тепловой энергии в электрическую, что обеспечивает его автономную работу.

В технологической схеме предусмотрена возможность разработки хвостов земснарядом с доставкой гидротранспортом по пульповоду непосредственно на гидрогрохот для переработки токсичных илистых отложений.

Модуль обеспечивает производительность: по твердому – 35 т/ч, гидросмеси – 165 м³/ч; годовую – при сезонном режиме работы 7,5 месяцев и 3-сменной работе – 112 тыс. т. Установленная мощность электродвигателей – 150– 200 кВт.

Выход полезных продуктов в год взят на основе опытно-промышленных испытаний и расчетов основных узлов комплекса (таких как РГДМ), выполненных в НПЦ "Экоресурсы" [82].

Предлагаемая технология переработки техногенных отходов (хвостов обогащения, эфелей, шламохранилищ) позволяет:

обеспечить устранение и захоронение вредных примесей, в том числе и в подземных выработанных пространствах после предварительного их сгущения, что также обеспечивается техническими средствами, входящими в состав комплекса;

обеспечивает рентабельное и практически экологически чистое и безотходное производство с существенно меньшей себестоимостью основной продукции действующих горно-обогатительных предприятий цветной и черной металлургии;

использовать экологически чистые растворители для перевода драгметаллов в ионную форму и извлекать их на селективных ионообменных фильтрах, имеющих волоконную основу. Перспективным представляется также применение керамических фильтров (которые были успешно опробованы).

Кросс-медиа эффекты

Для каждого типа ТМО требуется разработка рациональной технологической схемы извлечения полезных компонентов с экономическим обоснованием и проектом технологической линии для отработки техногенных месторождений.

Технические соображения, касающиеся применимости

Представленный метод и технические решения общеприменимы, но существует ряд ограничений технологического и экономического характера, исходя из состава, технологических особенностей, отраслевой принадлежности, а также условий образования (добыча и обогащение руд и угля, переработка концентратов руд и т.д.); состава исходного сырья (месторождения цветных и редких металлов,

полиметаллические, железорудные и другие типы коренных месторождений); физико-химических и механических процессов климатического воздействия и выветривания отвалов.

Экономика

В каждом отдельном случае стоимость техники индивидуальна.

Экономическая эффективность подобного направления определяется тем, что, несмотря на низкую стоимость полезных компонентов в сырье из хвостохранилищ (за счет низких содержаний), себестоимость переработки в 2–3 раза ниже, чем из коренных руд, за счет того, что:

это сырье уже добыто и лежит на поверхности;

значительная его часть не требует дробления и измельчения;

разработан целый ряд высокоэффективных технологий переработки подобного сырья (новые флотационные реагенты, гидроустановки для шламов, гидрометаллургия в отвалах и кучах, автоклавное вскрытие бедных концентратов, электрохимия и др.);

нынешнее состояние сорбционно-десорбционных технологий может обеспечить селективное извлечение металлов из растворов кучного выщелачивания золота.

Сокращение расходов на поиски новых и разведку эксплуатируемых месторождений.

Повышение производительности труда за счет рентабельной переработки уже добытого сырья, являющегося по существу готовым полупродуктом и находящегося вблизи действующих предприятий, что особенно важно для тех из них, для которых вследствие истощения сырьевой базы оказываются незагруженными производственные мощности и высвобождается рабочая сила.

Производство дешевых стройматериалов (песок, щебень, гравий, цемент, абразивы, материал для отсыпки дорожного полотна, строительства плотин, дамб, и т.д.), а из шлаков – шлаковаты, шлакового литья (брусчатка, тубинги, плитки, бордюрный камень и т.д.), литого шлакового щебня, стеклокерамических изделий, вяжущих добавок в цемент, минеральных добавок для улучшения почв, удобрений для сельского хозяйства и др.

ERG Recycling применил принцип комплексного геолого-экономического подхода, где методика основана на комбинированном подходе разведочных работ и одновременно экспериментальной добыче. Сроки вовлечения техногенных запасов в промышленное использование сокращены, соответственно сокращены сроки денежных вложений в промышленное использование техногенно-минерального объекта.

Инвестиции в предлагаемый технологический комплекс окупаются менее чем за один год, а экономический эффект значительно возрастает при учете эффекта от извлечения и использования в металлургии тяжелых металлов (медь, цинк, свинец, кадмий, селен и др.).

Движущая сила внедрения

Сокращение отходов производства при добыче и обогащении руд цветных металлов . Требования экологического законодательства.

5.7.5. Методы переработки отходов производства алюминия

5.7.5.1. Методы повторного использования отработанной футеровки электролизера (SPL)

Описание

При сроке службы катода от пяти до восьми лет, обычном для современных установок, количество образующейся отработанной футеровки электролизеров составляет 20–50 кг на тонну произведенного алюминия. SPL обычно состоит из двух отдельных фракций: углеродистая часть и огнеупорный материал.

НДТ заключается в использовании содержания углерода в качестве сырья для иных применений.

Техническое описание

Отработанный катод содержит некоторое количество материала электролизной ванны, стальные стержни, используемые для проведения электричества к углеродному катоду, и часто чешуйки металлического алюминия от проникновения металла в катод. Эти детали повторно используются непосредственно на заводе, либо, в случае стальных стержней, отправляются за пределы завода на переработку. Углеродная часть относительно однородна, тогда как огнеупорная часть может состоять из нескольких различных типов огнеупорных материалов или других типов изоляции.

Таблица 5.25. Состав отработанной футеровки электролизера

| № п/п | Компонент | Углеродистая часть, мас. % | Огнеупорная часть, мас. % |
|-------|--------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | Al ₂ O ₃ | 0–10 | 10–50 |
| 2 | C | 40–75 | 0–20 |
| 3 | Na | 8–17 | 6–14 |
| 4 | F | 10–20 | 4–10 |
| 5 | CaO | 1–6 | 1–8 |
| 6 | SiO ₂ | 0–6 | 10–50 |
| 7 | Al | 0–5 | 0 |

Отработанную футеровку электролизера используют в термических процессах, таких как:

обжиг цемента;

производство стали и ферросплавов;

производство минеральной ваты, как заменителя кокса.

Процесс переработки угольной футеровки состоит из четырех основных стадий. На дробильной установке отходы сначала измельчаются, полученный материал сортируется по фракциям, шихтуется исходя из потребностей конкретного потребителя. На конечной стадии футеровка подвергается обработкой реагентом, т. к. за время эксплуатации электролизера она пропитывается фтористыми водорастворимыми солями. Результат переработки угольной футеровки, синтетический легкоплавкий флюс, способен заменить природный плавиковый шпат, который разжижает шлак при выплавке чугуна или стали.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение объемов образования и накопления отходов производства.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Снижение образования отходов.

Переработка отходов производства.

Кросс-медиа эффекты

Не выявлены.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо.

Экономика

Процессы считаются экономически выгодными.

Движущая сила внедрения

Сокращение количества отходов, направляемых на захоронение и восстановление содержания углерода.

6. Заключение, содержащее выводы по наилучшим доступным техникам

Техники, перечисленные и описанные в настоящем разделе, не являются исчерпывающими. Могут использоваться другие техники, обеспечивающие достижение уровней эмиссий и технологических показателей, связанных с применением НДТ, при нормальных условиях эксплуатации объекта с применением одной или нескольких НДТ, описанных в заключении по НДТ.

В настоящем заключении по НДТ:

технологические показатели по выбросам в атмосферу выражаются как масса выбросов на объем отходящего газа при нормальных условиях (273,15 К, 101,3 кПа) за вычетом содержания водяного пара, выраженная в мг/Нм³;

технологические показатели по сбросам в водные объекты выражаются как масса сброса на объем сточных вод, выраженная в мг/л.

При фактических значениях уровней эмиссий маркерных загрязняющих веществ ниже или в пределах диапазона указанных технологических показателей, связанных с

применением НДТ, требования, определенные настоящим разделом, являются соблюденными.

Иные технологические показатели, связанные с применением НДТ, в том числе уровней потребления энергетических, водных и иных ресурсов для соответствующего показателя и (или) отрасли определяются согласно действующих национальных нормативных правовых актов.

Иные технологические показатели, связанные с применением НДТ, выражаются в количестве потребления ресурсов в расчете на единицу времени или единицу производимой продукции (товара), выполняемой работы, оказываемой услуги. Соответственно, установление иных технологических показателей обусловлено применяемой технологией производства. Кроме того, в результате анализа потребления энергетических, водных и иных (сырьевых) ресурсов, проведенного в разделе "Общая информация", получен вариативный ряд показателей, который зависит от многих факторов: качественные показатели сырья, производительность и эксплуатационные характеристики установки, качественные показатели готовой продукции, климатические особенности регионов и т. д.

Технологические показатели потребления ресурсов должны быть ориентированы на внедрение НДТ, в том числе прогрессивной технологии, повышение уровня организации производства, соответствовать наименьшим значениям (исходя из среднегодового значения потребления соответствующего ресурса), и отражать конструктивные, технологические и организационные мероприятия по экономии и рациональному потреблению.

6.1. Общие НДТ

Если не указано иное, заключения по НДТ, представленные в настоящем разделе, являются общеприменимыми.

НДТ для конкретных процессов, указанные в разделах 6.2–6.4, применяются в дополнение к общим НДТ, приведенным в настоящем разделе.

6.1.1. Система экологического менеджмента

НДТ 1.

В целях улучшения общей экологической эффективности НДТ заключается в реализации и соблюдении системы экологического менеджмента (СЭМ), которая включает в себя все следующие функции:

- заинтересованность и ответственность руководства, включая высшее руководство;
- определение экологической политики, которая включает в себя постоянное совершенствование установки (производства) со стороны руководства;
- планирование и реализация необходимых процедур, целей и задач в сочетании с финансовым планированием и инвестициями.

Внедрение процедур, в которых особое внимание уделяется:
структуре и ответственности;

подбору кадров;
 обучению, осведомленности и компетентности персонала;
 коммуникации;
 вовлечению сотрудников;
 документации;
 эффективному контролю технологического процесса;
 программам технического обслуживания;
 готовности к чрезвычайным ситуациям и ликвидации их последствий;
 обеспечению соблюдения экологического законодательства;

проверке производительности и принятию корректирующих мер, при которых особое внимание уделяется: мониторингу и измерениям, корректирующим и предупреждающим мерам, ведению записей, независимому (при наличии такой возможности) внутреннему или внешнему аудиту, для определения соответствия СЭМ запланированным мероприятиям, ее внедрение и реализация;

анализу СЭМ и ее соответствия современным требованиям, полноценности и эффективности со стороны высшего руководства;

отслеживанию разработки экологически более чистых технологий;

анализу возможного влияния на окружающую среду при выводе установки из эксплуатации, на стадии проектирования нового завода и на протяжении всего срока его эксплуатации;

проведению сравнительного анализа по отрасли на регулярной основе.

Разработка и реализация плана мероприятий по неорганизованным выбросам пыли (см. НДТ 8) и использование системы управления техническим обслуживанием, которая особенно касается эффективности систем снижения запыленности (см. НДТ 3), также являются частью СЭМ.

Применимость.

Объем (например, уровень детализации) и характер СЭМ (например, стандартизованная или не стандартизованная), как правило, связаны с характером, масштабом и сложностью установки, а также уровнем воздействия на окружающую среду, которое она может оказывать.

Описание представлено в разделе 4.2.

6.1.2. Управление энергопотреблением НДТ 2.

НДТ является сокращение потребления тепловой и энергетической энергии путем применения одной или комбинации нескольких из перечисленных ниже техник:

| № п/п | Техники | Применимость |
|-------|---|--------------|
| 1 | 2 | 3 |
| | Использование системы управления эффективным использованием энергии (| |

| | | |
|---|---|---------------|
| 1 | например, в соответствии со стандартом ISO 50 001) | Общеприменимо |
| 2 | Применение частотно-регулируемых приводов для электродвигателей | Общеприменимо |
| 3 | Применение электродвигателей с высоким классом энергоэффективности | Общеприменимо |
| 4 | Применение энергосберегающих осветительных приборов | Общеприменимо |
| 5 | Замена устаревших силовых трансформаторов на современные трансформаторы | Общеприменимо |
| 6 | Применение современных теплоизоляционных материалов на высокотемпературном оборудовании | Общеприменимо |
| 7 | Рекуперация тепла из теплоты отходящего процесса | Общеприменимо |
| 8 | Полезное использование тепла уходящих газов после печей спекания | Общеприменимо |

Описание представлено в разделах 4.3, 5.4.

6.1.3. Управление процессами

НДТ 3.

НДТ является измерение или оценка всех соответствующих параметров, необходимых для управления процессами из диспетчерских с помощью современных компьютерных систем с целью непрерывной корректировки и оптимизации процессов в режиме реального времени, обеспечения стабильности и бесперебойности технологических процессов, что повысит энергоэффективность и позволит максимально увеличить производительность и усовершенствовать процессы обслуживания. НДТ заключается в обеспечении стабильной работы процесса с помощью системы управления процессом вместе с использованием одной или комбинации техник:

| № п/п | Техники | Применимость |
|-------|---|---------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Автоматизированные системы управления горнотранспортным оборудованием в производстве алюминия | Общеприменимо |
| 2 | Система автоматизации контроля и управления процессами обогащения в производстве алюминия | Общеприменимо |
| | | |

| | | |
|---|---|---------------|
| 3 | Автоматизированные системы управления технологическим процессом (АСУТП) | Общеприменимо |
| 4 | Техническое обслуживание (ТО) систем и оборудования | Общеприменимо |

Описание представлено в разделе 5.2.

6.1.4. Мониторинг выбросов

НДТ 4.

НДТ является проведение мониторинга выбросов маркерных загрязняющих веществ от основных источников выбросов всех процессов.

| № п/п | Параметр | Контроль, относящийся к: | Минимальная периодичность контроля* | Примечание |
|-------|-----------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Пыль | НДТ 14-18 | Непрерывно | Маркерное вещество |
| 2 | SO ₂ | НДТ 19-20 | Непрерывно | Маркерное вещество |
| 3 | NO _x | НДТ 21 | Непрерывно | Маркерное вещество |
| 4 | CO | НДТ 22-23 | Непрерывно | Маркерное вещество |

* непрерывный контроль проводится посредством АСМ на организованных источниках согласно требованиям к периодичности контроля, предусмотренной действующим законодательством.

Описание представлено в разделе 4.4.1.

6.1.5. Мониторинг сбросов

НДТ 5.

НДТ заключается в проведении мониторинга сбросов маркерных загрязняющих веществ в месте выпуска сточных вод из очистных сооружений в соответствии с национальными и/или международными стандартами, регламентирующими предоставление данных эквивалентного качества.

| № п/п | Параметр/маркерное загрязняющее вещество | Минимальная периодичность контроля |
|-------|--|------------------------------------|
|-------|--|------------------------------------|

| 1 | 2 | 3 |
|---|--|--------------|
| 1 | Температура (С ⁰) | Непрерывно * |
| 2 | Расходомер (м ³ /час) | Непрерывно * |
| 3 | Водородный показатель (ph) | Непрерывно * |
| 4 | Электропроводность (мкс - микросименс) | Непрерывно * |
| 5 | Мутность (ЕМФ-единицы мутности по формазину на литр) | Непрерывно * |

| | | |
|----|---------------------|-----------------------|
| 6 | Марганец (Mn) | Один раз в квартал ** |
| 7 | Железо (Fe) | Один раз в квартал ** |
| 8 | Свинец (Pb) | Один раз в квартал ** |
| 9 | Взвешенные вещества | Один раз в квартал ** |
| 10 | Алюминий (Al) | Один раз в квартал ** |

* непрерывный контроль проводится посредством АСМ на водовыпусках согласно требованиям, предусмотренных действующим законодательством;

** периодичность контроля применима для веществ при условии их наличия в составе добываемой руды при добыче бокситов.

Для мониторинга сброса сточных вод существует множество стандартных процедур отбора проб и анализа воды и сточных вод, в том числе:

случайная проба – одна проба, взятая из потока сточных вод;

составная проба – проба, отбираемая непрерывно в течение определенного периода, или проба, состоящая из нескольких проб, отбираемых непрерывно или периодически в течение определенного периода и затем смешанных

квалифицированная случайная проба – составная проба из не менее чем пяти случайных проб, отобранных в течение максимум двух часов с интервалом не менее двух минут и затем смешанных.

Описание представлено в разделе 4.4.2.

6.1.6. Шум

НДТ 6.

В целях снижения уровня шума НДТ заключается в использовании одной или комбинации техник:

| № п/п | Техники | Применимость |
|-------|---|---------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | звукоизоляция оборудования и инструментов с помощью глушителей, резонаторов, кожухов | Общеприменимо |
| 2 | звукоизоляция ограждающих конструкций, звукопоглощающая облицовка стен, потолков и полов | Общеприменимо |
| 3 | применение глушителей в системах вентиляции и кондиционирования воздуха, в оборудовании | Общеприменимо |
| 4 | акустически рациональные планировочные решения в проектировании зданий, помещений, сооружений | Общеприменимо |
| 5 | конструктивные мероприятия, направленные на уменьшение | Общеприменимо |

| |
|---|
| шума, в том числе от инженерного и санитарно-технического оборудования зданий |
|---|

Описание представлено в разделе 4.8.

6.1.7. Запах

НДТ 7.

В целях снижения уровня запаха НДТ заключается в использовании одной или комбинации техник:

| № п/п | Техники | Применимость |
|-------|---|---------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | выявление источников образования запахов и проведение мероприятий по их удалению и (или) сокращению запахов | Общеприменимо |
| 2 | эксплуатация и техническое обслуживание любого оборудования, которое может выделять запахи | Общеприменимо |
| 3 | надлежащее хранение и обращение с пахучими материалами | Общеприменимо |
| 4 | внедрение систем очистки вредных выбросов, сопровождающихся неприятными запахами | Общеприменимо |

Описание представлено в разделе 4.8.

6.2. Снижение эмиссий загрязняющих веществ

6.2.1. Снижение выбросов от неорганизованных источников

НДТ 8.

Для предотвращения или, если это практически невозможно, сокращения неорганизованных выбросов пыли в атмосферу НДТ заключается в разработке и реализации плана мероприятий по неорганизованным выбросам, как части системы экологического менеджмента (см. НДТ 1), который включает в себя:

определение наиболее значимых источников неорганизованных выбросов пыли;

определение и реализация соответствующих мер и технических решений для предотвращения и/или сокращения неорганизованных выбросов в течение определенного периода времени.

НДТ 9.

НДТ является предотвращение или сокращение неорганизованных выбросов пыли и газообразных выбросов при проведении производственного процесса добычи руд.

К мерам, применимым для предотвращения и снижения выбросов пыли при проведении производственного процесса добычи руд, относятся:

| № п/п | Техники | Применимость |
|-------|---------|--------------|
| | | |

| 1 | 2 | 3 |
|---|--|---------------|
| 1 | применение большегрузной высокопроизводительной горной техники | общеприменимо |
| 2 | проведение горных выработок и применение систем отработки с использованием современного высокопроизводительного самоходного оборудования | общеприменимо |
| 3 | применение современных, экологичных и износостойких материалов | общеприменимо |
| 4 | применение различных видов и типов конвейерного и пневматического транспорта для перевозки горной массы | общеприменимо |

Описание представлено в разделе 5.4.1.

НДТ 10.

НДТ является предотвращение или сокращение неорганизованных выбросов пыли при проведении взрывных работ.

К мерам, применимым для предотвращения и снижения выбросов пыли при проведении взрывных работ, относятся:

| № п/п | Техники | Применимость |
|-------|--|---------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | уменьшение количества взрывов путем укрупнения взрывных блоков | общеприменимо |
| 2 | использование в качестве ВВ простейших и эмульсионных составов с нулевым или близким к нему кислородным балансом | общеприменимо |
| 3 | частичное взрывание на "подпорную стенку" в зажиме | общеприменимо |
| 4 | внедрение компьютерных технологий моделирования и проектирования рациональных параметров буровзрывных работ | общеприменимо |
| 5 | проведение взрывных работ в оптимальный временной период с учетом метеоусловий | общеприменимо |
| 6 | использование рациональных типов забоечных материалов, конструкций скважинных зарядов и схем инициирования | общеприменимо |
| 7 | орошение взрываемого блока и зоны выпадения пыли из пылегазового облака водой, пылесмачивающими добавками и | общеприменимо |

| | | |
|----|--|---------------|
| | экологически безопасными реагентами | |
| 8 | применение установок локализации пыли и пылегазового облака | общеприменимо |
| 9 | применение технологий гидрообеспыливания (гидрозабойка взрывных скважин и шпуров, укладка над скважинами емкостей с водой) | общеприменимо |
| 10 | проветривание горных выработок | общеприменимо |
| 11 | использование зарядных машин с датчиками контроля подачи взрывчатых веществ | общеприменимо |
| 12 | использование естественной обводненности горных пород и взрывааемых скважин | общеприменимо |
| 13 | использование неэлектрических систем инициирования для ведения взрывных работ в подземных условиях | общеприменимо |

Описание представлено в разделе 5.5.1.2.

НДТ 11.

НДТ является предотвращение или сокращение неорганизованных выбросов пыли при проведении буровых работ.

К мерам, применимым для предотвращения и снижения выбросов пыли при проведении буровых работ, относятся:

| № п/п | Техники | Применимость |
|-------|---|---------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | позиционирование буровых станков в реальном времени с применением системы контроля параметров высокоточного бурения | общеприменимо |
| 2 | применение технической воды и различных активных средств для связывания пыли | общеприменимо |
| 3 | оснащение буровой техники средствами эффективного пылеподавления и пылеулавливания в процессе бурения технологических скважин | общеприменимо |

Описание представлено в разделе 5.5.1.1.

НДТ 12.

НДТ является предотвращение или сокращение неорганизованных выбросов пыли при транспортировке, погрузочно-разгрузочных операциях.

К мерам, применимым для предотвращения и снижения выбросов пыли при транспортировке, погрузочно-разгрузочных операциях, относятся:

| № п/п | Техники | Применимость |
|-------|---|---------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | оборудование эффективными системами пылеулавливания, вытяжным и фильтрующим оборудованием для предотвращения выбросов пыли в местах разгрузки, перегрузки, транспортировки и обработки пылящих материалов | общеприменимо |
| 2 | применение предварительного увлажнения горной массы, орошение технической водой, искусственное проветривание экскаваторных забоев | общеприменимо |
| 3 | применение стационарных и передвижных гидромониторно-насосных установок на колесном и рельсовом ходу | общеприменимо |
| 4 | применение различных оросительных устройств для разбрызгивания воды в зоне стрелы и черпания ковша экскаватора | общеприменимо |
| 5 | организация процесса перевалки пылеобразующих материалов | общеприменимо |
| 6 | пылеподавление автомобильных дорог путем полива технической водой | общеприменимо |
| 7 | применение различных поверхностно-активных веществ для связывания пыли в процессе пылеподавления забоев и карьерных автодорог | общеприменимо |
| 8 | укрытие железнодорожных вагонов и кузовов автотранспорта | общеприменимо |
| 9 | применение устройства и установки для выравнивания и уплотнения верхнего слоя грузов при транспортировке в железнодорожных вагонах и др. | общеприменимо |
| 10 | очистка автотранспортных средств (мойка кузова, колес), используемых для | общеприменимо |

| | | |
|----|---|---------------|
| | транспортировки пылящих материалов | |
| 11 | применение различных видов и типов конвейерного и пневматического транспорта для перевозки горной массы | общеприменимо |
| 12 | проведение замеров дымности и токсичности автотранспорта и контрольно-регулирующих работ топливной аппаратуры | общеприменимо |
| 13 | применение каталитических технологий очистки выхлопных газов ДВС | общеприменимо |

Описание представлено в разделе 5.5.1.3.

НДТ 13.

НДТ является предотвращение или сокращение неорганизованных выбросов пыли при хранении руд и продуктов их переработки.

К мерам, применимым для предотвращения и снижения выбросов пыли при хранении руд и продуктов их переработки, относятся:

| № п/п | Техники | Применимость |
|-------|---|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | укрепление откосов ограждающих дамб хвостохранилищ с использованием скального грунта, грубодробленной пустой породы | общеприменимо |
| 2 | устройство лесозащитной полосы по границе земельного отвода вдоль отвалов рыхлой вскрыши (посадка деревьев) | применимо с учетом естественной среды обитания |
| 3 | использование ветровых экранов | общеприменимо |

Описание представлено в разделе 5.5.1.4.

6.2.2. Снижение выбросов от организованных источников

Представленные ниже техники и достижимые с их помощью технологические показатели (при наличии) установлены для источников, оборудованных принудительными системами вентиляции.

6.2.2.1. Выбросы пыли и газообразных веществ

НДТ 14.

НДТ является предотвращение или сокращение выбросов пыли и газообразных веществ, а также сокращение энергопотребления, образования отходов при проведении производственного процесса обогащения руд.

К мерам, применимым для предотвращения и снижения выбросов пыли и газообразных веществ при проведении производственного процесса обогащения руд, относятся:

| № п/п | Техники | Применимость |
|-------|---------|--------------|
|-------|---------|--------------|

| 1 | 2 | 3 |
|---|--|---------------|
| 1 | Переработка богатой руды дроблением с последующим разделением, сортировкой по классам крупности товарной продукции | Общеприменимо |
| 2 | Использование мельниц самоизмельчения и полусамозмельчения для руд с высокой крепостью | Общеприменимо |
| 3 | Технология вывода железистых песков из бокситовой пульпы перед стадией выщелачивания | Общеприменимо |
| 4 | Применение аппаратов вертикального типа для промывки железистых песков | Общеприменимо |
| 5 | Фильтрация белого шлама для снижения рециркуляционных потоков каустической щелочи | Общеприменимо |
| 6 | Технология восстановительного спекания глиноземсодержащих шихт для вывода оксидов серы | Общеприменимо |
| 7 | Технология поддержания оптимальной крупности затравки для улучшения показателей по крупности производственного гидрата | Общеприменимо |

Описание представлено в разделе 5.4.

НДТ 15.

В целях сокращения выбросов пыли при процессах, связанных с дроблением, классификацией (грохочением), транспортировкой, хранением при обогащении руды и производстве глинозема, НДТ заключается в использовании техник предварительной очистки дымовых газов (камеры гравитационного осаждения, циклоны, скрубберы), электрофильтров, рукавных фильтров, фильтров с импульсной очисткой, керамических и металлических мелкоячеистых фильтров и/или их комбинаций.

| № п/п | Техники | Применимость |
|-------|--|---------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | применение камер гравитационного осаждения | общеприменимо |
| 2 | применение циклонов | общеприменимо |
| 3 | применение мокрых газоочистителей | общеприменимо |

Таблица 6.1. Технологические показатели выбросов пыли в процессах, связанных с дроблением, классификацией (грохочением), транспортировкой, хранением

| № п/п | Техники | НДТ-ТП (мг/Нм ³)* |
|-------|--|-------------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Электрофильтр | 5–20** |
| 2 | Рукавный фильтр | |
| 3 | Фильтр с импульсной очисткой | |
| 4 | Керамический и металлический мелкоячеистые фильтры | |

* при проведении непрерывных измерений пороговые значения выбросов считаются соблюденными, если оценка результатов измерений показывает, что нижеперечисленные условия соблюдены в календарном году:

а) допустимое среднемесячное значение не превышает соответствующие пороговые значения выбросов;

б) допустимое среднесуточное значение не превышает 110 % от соответствующих пороговых значений выбросов;

с) 95 % всех допустимых среднечасовых значений за год не превышают 200 % от соответствующих пороговых значений выбросов;

при отсутствии непрерывных измерений пороговые значения выбросов считаются соблюденными, если результаты каждой серий измерений или иных процедур, определенными в соответствии с правилами, установленными компетентными органами, не превышают пороговые значения выбросов (директива Европейского парламента и Совета Европейского Союза 2010/75/ЕС от 24 ноября 2010 года "О промышленных выбросах (о комплексном предотвращении загрязнения и контроле над ним)");

** для процессов дробления и классификации (грохочения) действующих установок 20-100 мг/ Нм³.

Описание представлено в разделе 5.5.2.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

НДТ 16.

В целях сокращения выбросов пыли при производстве глинозема НДТ заключается в использовании техник предварительной очистки дымовых газов (камеры гравитационного осаждения, циклоны, скрубберы) с последующем использованием электрофильтров, рукавных фильтров, фильтров с импульсной очисткой, керамических и металлических мелкоячеистых фильтров или их комбинаций.

| № п/п | Техники | Применимость |
|-------|--|---------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | применение камер гравитационного осаждения | общеприменимо |
| 2 | применение циклонов | общеприменимо |

| | | | |
|---|-------------------------------|--------|---------------|
| 3 | применение газоочистителей | мокрых | общеприменимо |
|---|-------------------------------|--------|---------------|

Таблица 6.2. Технологические показатели выбросов пыли при производстве глинозема (для передела кальцинации)

| № п/п | Технологический процесс | Техники | НДТ-ТП (мг/Нм ³)* | Применимость |
|-------|-------------------------|---|-------------------------------|---------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Передел кальцинации | Электрофильтр | 5–50** | Общеприменимо |
| 2 | | Рукавный фильтр | | Общеприменимо |
| 3 | | Фильтр с импульсной очисткой | | Общеприменимо |
| 4 | | Керамический и металлический мелкоячеистые фильтры | | Общеприменимо |
| 5 | | Гибридный рукавный фильтр (электрофильтр+рукавный фильтр) | | Общеприменимо |

* при проведении непрерывных измерений пороговые значения выбросов считаются соблюденными, если оценка результатов измерений показывает, что нижеперечисленные условия соблюдены в календарном году:

а) допустимое среднemesячное значение не превышает соответствующие пороговые значения выбросов;

б) допустимое среднесуточное значение не превышает 110 % от соответствующих пороговых значений выбросов;

в) 95 % всех допустимых среднечасовых значений за год не превышают 200 % от соответствующих пороговых значений выбросов;

(директива Европейского парламента и Совета Европейского Союза 2010/75/ЕС от 24 ноября 2010 года "о промышленных выбросах (о комплексном предотвращении загрязнения и контроле над ним)");

**

1) в пересчете на Al_2O_3 для реконструированных установок после 2000 года;

2) 20–200 мг/нм³ в пересчете на Al_2O_3 для газоочистных установок, введенных в эксплуатацию до 2000 года и не прошедших реконструкцию.

Описание представлено в разделе 5.5.2.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

Таблица 6.3. Технологические показатели выбросов пыли при производстве глинозема (для передела спекания)

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | | |
|--|--|--|--|

| № п/п | Технологический процесс | Техники | НДТ-ТП (мг/Нм ³) * | Применимость |
|-------|-------------------------|---|--------------------------------|---------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Передел спекания | Электрофильтр | 20–50** | Общеприменимо |
| 2 | | Рукавный фильтр | | Общеприменимо |
| 3 | | Фильтр с импульсной очисткой | | Общеприменимо |
| 4 | | Керамический и металлический мелкоячеистые фильтры | | Общеприменимо |
| 5 | | Гибридный рукавный фильтр (электрофильтр+рукавный фильтр) | | Общеприменимо |

* при проведении непрерывных измерений пороговые значения выбросов считаются соблюденными, если оценка результатов измерений показывает, что нижеперечисленные условия соблюдены в календарном году:

а) допустимое среднемесячное значение не превышает соответствующие пороговые значения выбросов;

б) допустимое среднесуточное значение не превышает 110 % от соответствующих пороговых значений выбросов;

в) 95 % всех допустимых среднечасовых значений за год не превышают 200 % от соответствующих пороговых значений выбросов;

(директива Европейского парламента и Совета Европейского Союза 2010/75/ЕС от 24 ноября 2010 года "О промышленных выбросах (о комплексном предотвращении загрязнения и контроле над ним)")

**

1) для новых и реконструируемых установок;

2) 50–1950 мг/Нм³ для источников выбросов с частично реконструированной системой газоочистки и/или с учетом переключений установок между источниками выбросов;

3) 50–2800 мг/Нм³ для источников выбросов с газоочистными установками, не прошедших реконструкцию систем газоочисток в рамках реализации программы повышения экологической эффективности, в силу технической и экономической недоступности внедрения НДТ до пересмотра справочника по НДТ.

Описание представлено в разделе 5.5.2.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

НДТ 17.

В целях сокращения выбросов пыли при производстве обожженных анодов НДТ заключается в использовании одной или комбинации из приведенных ниже техник.

| № п/п | Техники | Применимость |
|-------|--|---------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | применение камер гравитационного осаждения | общеприменимо |
| 2 | применение циклонов | общеприменимо |
| 3 | применение мокрых газоочистителей | общеприменимо |

Таблица 6.4. Технологические показатели выбросов пыли при производстве обожженных анодов

| № п/п | Технологический процесс | Техники | НДТ-ТП (мг/Нм ³)* | Применимость |
|-------|---|--|-------------------------------|---------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Производство обожженных анодов (печь обжига анодов) | Рукавный фильтр | 2–5** 5–10*** | Общеприменимо |
| 2 | | Фильтр с импульсной очисткой | | Общеприменимо |
| 3 | | Керамический и металлический мелкочаеистые фильтры | | Общеприменимо |
| 4 | | Сухая сорбционная очистка газов АВАРТ | | Общеприменимо |
| 5 | | Регенеративный термический окислитель | | Общеприменимо |
| 6 | | Каталитический термический окислитель | | Общеприменимо |

* при проведении непрерывных измерений пороговые значения выбросов считаются соблюденными, если оценка результатов измерений показывает, что нижеперечисленные условия соблюдены в календарном году:

а) допустимое среднемесячное значение не превышает соответствующие пороговые значения выбросов;

б) допустимое среднесуточное значение не превышает 110 % от соответствующих пороговых значений выбросов;

в) 95 % всех допустимых среднечасовых значений за год не превышают 200 % от соответствующих пороговых значений выбросов;

(директива Европейского парламента и Совета Европейского Союза 2010/75/ЕС от 24 ноября 2010 года "О промышленных выбросах (о комплексном предотвращении загрязнения и контроле над ним)");

** для новых и реконструируемых производств, мг/Нм³;

*** для действующих производств, мг/Нм³.

Описание представлено в разделах 5.5.2, 5.5.5.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

НДТ 18.

В целях сокращения выбросов пыли при электролитическом производстве первичного алюминия НДТ заключается в использовании одной или комбинации из приведенных ниже техник.

| № п/п | Техники | Применимость |
|-------|--|---------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | применение камер гравитационного осаждения | общеприменимо |
| 2 | применение циклонов | общеприменимо |
| 3 | применение мокрых газоочистителей | общеприменимо |

Таблица 6.5. Технологические показатели выбросов пыли при электролитическом производстве первичного алюминия

| № п/п | Технологический процесс | Техники | НДТ-ТП (мг/Нм ³)* | Применимость |
|-------|---|--|-------------------------------|---------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Электролиз алюминия (серия электролиза) | Рукавный фильтр | 2-5 | Общеприменимо |
| 2 | | Фильтр с импульсной очисткой | | Общеприменимо |
| 3 | | Керамический и металлический мелкоячеистые фильтры | | Общеприменимо |
| 4 | | Сухая сорбционная очистка газов АВАРТ | | Общеприменимо |
| 5 | | Регенеративный термический окислитель | | Общеприменимо |
| 6 | | Каталитический термический окислитель | | Общеприменимо |

* при проведении непрерывных измерений пороговые значения выбросов считаются соблюденными, если оценка результатов измерений показывает, что нижеперечисленные условия соблюдены в календарном году:

а) допустимое среднемесячное значение не превышает соответствующие пороговые значения выбросов;

б) допустимое среднесуточное значение не превышает 110 % от соответствующих пороговых значений выбросов;

с) 95 % всех допустимых среднечасовых значений за год не превышают 200 % от соответствующих пороговых значений выбросов;

(директива Европейского парламента и Совета Европейского Союза 2010/75/ЕС от 24 ноября 2010 года "О промышленных выбросах (о комплексном предотвращении загрязнения и контроле над ним)").

Описание представлено в разделах 5.5.2, 5.5.5.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

НДТ 19.

В целях сокращения выбросов пыли при производстве первичного алюминия и его сплавов на автоматизированной литейной линии НДТ заключается в использовании одной или комбинации из приведенных ниже техник.

| № п/п | Техники | Применимость |
|-------|--|---------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | применение камер гравитационного осаждения | общеприменимо |
| 2 | применение циклонов | общеприменимо |
| 3 | применение мокрых газоочистителей | общеприменимо |

Таблица 6.6. Технологические показатели выбросов пыли при производстве первичного алюминия и его сплавов на автоматизированной литейной линии

| № п/п | Технологический процесс | Техники | НДТ-ТП (мг/Нм ³)* | Применимость |
|-------|--|--|-------------------------------|---------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Производство первичного алюминия и его сплавов на автоматизированной литейной линии (литейное отделение) | Рукавный фильтр | 2–25** | Общеприменимо |
| 2 | | Фильтр с импульсной очисткой | | Общеприменимо |
| 3 | | Керамический и металлический мелкоячеистые фильтры | | Общеприменимо |
| 4 | | Сухая сорбционная очистка газов АВАРТ | | Общеприменимо |
| 5 | | Регенеративный термический окислитель | | Общеприменимо |
| 6 | | Каталитический термический окислитель | | Общеприменимо |

* при проведении непрерывных измерений пороговые значения выбросов считаются соблюденными, если оценка результатов измерений показывает, что нижеперечисленные условия соблюдены в календарном году:

а) допустимое среднемесячное значение не превышает соответствующие пороговые значения выбросов;

б) допустимое среднесуточное значение не превышает 110 % от соответствующих пороговых значений выбросов;

в) 95 % всех допустимых среднечасовых значений за год не превышают 200 % от соответствующих пороговых значений выбросов;

(директива Европейского парламента и Совета Европейского Союза 2010/75/ЕС от 24 ноября 2010 года "О промышленных выбросах (о комплексном предотвращении загрязнения и контроле над ним)");

** пороговые значения не распространяются на выбросы, образующиеся при обслуживании технологического оборудования (чистка миксеров, уборка, капитальный ремонт и т. д.).

Описание представлено в разделах 5.5.2, 5.5.5.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

6.2.2.2. Выбросы диоксида серы

НДТ 20.

В целях предотвращения или сокращения выбросов SO₂ из отходящих технологических газов при производстве глинозема НДТ заключается в использовании одной из или комбинации нижеперечисленных техник:

| № п/п | Техники | Применимость |
|-------|---|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Десульфуризация и использование топлива с пониженным содержанием серы | Общеприменимо |
| 2 | Использование "мокрых" способов очистки (мокрый скруббер) | Применительно для новых установок. Для действующих установок применимость может быть ограничена в случаях: очень высокие скорости потока отходящего газа (из-за значительного количества образующихся отходов и сточных вод); в засушливых районах (из-за большого объема воды и необходимости очистки сточных вод); необходимость масштабной реконструкции централизованной системы очистки газов с |

выделением отдельных потоков для обессеривания, а также ограниченностью территории (отсутствие производственных площадей для строительства дополнительных крупногабаритных сооружений)

При использовании одной или комбинации указанных техник количественное значение эмиссий должно соответствовать установленным санитарно-гигиеническим, экологическим нормативам качества и целевым показателям качества окружающей среды. При наличии разных значений, определенных нормативными правовыми актами, применяются наиболее жесткие требования, установленные к SO₂.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

Описание представлено в разделе 5.5.4.

НДТ 21.

В целях предотвращения или сокращения выбросов SO₂ из отходящих технологических газов при производстве обожженных анодов НДТ заключается в использовании одной из или комбинации нижеперечисленных техник:

| № п/п | Техники | Применимость |
|-------|---|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Десульфуризация и использование топлива с пониженным содержанием серы | Общеприменимо |
| 2 | Использование "мокрых" способов очистки (мокрый скруббер) | Применительно для новых установок. Для действующих установок применимость может быть ограничена в случаях: очень высокие скорости потока отходящего газа (из-за значительного количества образующихся отходов и сточных вод); в засушливых районах (из-за большого объема воды и необходимости очистки сточных вод); необходимость масштабной реконструкции централизованной системы очистки газов с выделением отдельных потоков для обессеривания, а также ограниченностью территории (отсутствие производственных |

площадей для строительства дополнительных крупногабаритных сооружений).

При использовании одной или комбинации указанных техник количественное значение эмиссий должно соответствовать установленным санитарно-гигиеническим, экологическим нормативам качества и целевым показателям качества окружающей среды. При наличии разных значений, определенных нормативными правовыми актами, применяются наиболее жесткие требования, установленные к SO₂.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

Описание представлено в разделе 5.5.4.

НДТ 22.

В целях предотвращения или сокращения выбросов SO₂ из отходящих технологических газов при производстве первичного алюминия НДТ заключается в использовании одной из или комбинации нижеперечисленных техник:

| № п/п | Техники | Применимость |
|-------|---|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Десульфуризация и использование топлива с пониженным содержанием серы | Общеприменимо |
| 2 | Использование "мокрых" способов очистки (мокрый скруббер) | Применительно для новых установок. Для действующих установок применимость может быть ограничена в случаях: очень высокие скорости потока отходящего газа (из-за значительного количества образующихся отходов и сточных вод); в засушливых районах (из-за большого объема воды и необходимости очистки сточных вод); необходимость масштабной реконструкции централизованной системы очистки газов с выделением отдельных потоков для обессеривания, а также ограниченностью территории (отсутствие производственных площадей для строительства дополнительных крупногабаритных сооружений). |

Таблица 6.7. Технологические показатели выбросов SO₂ при электролитическом производстве первичного алюминия

| № п/п | Параметр | НДТ-ТП (мг/Нм ³) |
|-------|-----------------|------------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | SO ₂ | 150-200 |

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

Описание представлено в разделе 5.5.4.

6.2.2.3. Выбросы окислов азота

НДТ 23.

Для предотвращения и/или снижения выбросов окислов азота (NO_x) в атмосферу при производстве глинозема НДТ является использование одного или комбинации нижеуказанных методов:

| № п/п | Техника | Применение |
|-------|--|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Рециркуляция дымовых газов | Повторная подача отработанного газа из печи в пламя для снижения содержания кислорода и, следовательно, температуры пламени. Использование специальных горелок основано на внутренней рециркуляции дымовых газов, которые охлаждают основание пламени и снижают содержание кислорода в самой горячей части пламени |
| 2 | Конструкция горелки (горелка с низким образованием NO _x) | Предназначены для снижения пиковых температур пламени, что задерживает процесс сгорания, но дает ему завершиться, при этом увеличивая теплопередачу. Эффект этой конструкции горелки заключается в очень быстром воспламенении топлива, особенно при наличии в топливе летучих соединений, при недостатке кислорода в атмосфере, что ведет к снижению образования NO _x . Конструкция горелок с более низкими показателями выбросов NO _x предполагает поэтапное сжигание (воздух/топливо) и рециркуляцию дымовых газов |
| 3 | Селективное некаталитическое восстановление (СНКВ) | Применяется во вращающихся печах |
| | | |

| | | |
|---|--|---|
| 4 | Применение селективного каталитического восстановления (СКВ) | Применяется после обеспыливания и очистки от кислых газов |
|---|--|---|

При использовании одной или комбинации указанных техник количественное значение эмиссий должно соответствовать установленным санитарно-гигиеническим, экологическим нормативам качества и целевым показателям качества окружающей среды. При наличии разных значений, определенных нормативными правовыми актами, применяются наиболее жесткие требования, установленные к NO_x .

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

Описание представлено в разделе 5.5.3.

НДТ 24.

Для предотвращения и/или снижения выбросов окислов азота (NO_x) в атмосферу при производстве обожженных анодов НДТ является использование одного или комбинации нижеуказанных методов:

| № п/п | Техника | Применение |
|-------|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Рециркуляция дымовых газов | Повторная подача отработанного газа из печи в пламя для снижения содержания кислорода и, следовательно, температуры пламени. Использование специальных горелок основано на внутренней рециркуляции дымовых газов, которые охлаждают основание пламени и снижают содержание кислорода в самой горячей части пламени. |
| 2 | Конструкция горелки (горелка с низким образованием NO_x) | Предназначены для снижения пиковых температур пламени, что задерживает процесс сгорания, но дает ему завершиться, при этом увеличивая теплопередачу. Эффект этой конструкции горелки заключается в очень быстром воспламенении топлива, особенно при наличии в топливе летучих соединений, при недостатке кислорода в атмосфере, что ведет к снижению образования NO_x . Конструкция горелок с более низкими показателями выбросов NO_x предполагает поэтапное сжигание (воздух/топливо) и рециркуляцию дымовых газов. |

| | | |
|---|--|---|
| 3 | Селективное некаталитическое восстановление (СНКВ) | Применяется во вращающихся печах |
| 4 | Применение селективного каталитического восстановления (СКВ) | Применяется после обеспыливания и очистки от кислых газов |

При использовании одной или комбинации указанных техник, количественное значение эмиссий должно соответствовать установленным санитарно-гигиеническим, экологическим нормативам качества и целевым показателям качества окружающей среды. При наличии разных значений, определенных нормативными правовыми актами, применяются наиболее жесткие требования, установленные к NOx.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

Описание представлено в разделе 5.5.3.

6.2.2.4. Выбросы оксида углерода

НДТ 25.

Для предотвращения и/или снижения выбросов оксида углерода в атмосферу при производстве глинозема НДТ является использование одного или комбинации нижеуказанных методов:

| № п/п | Техники | Описание |
|-------|---|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Абсорбционная очистка газов с использованием медноаммиачных растворов | Низкотемпературный процесс очистки газов основан на физической абсорбции СО или промывке газа жидким азотом. Процесс очистки состоит из трех стадий: предварительного охлаждения и сушки исходных газов; глубокого охлаждения этих газов и частичной конденсации их компонентов; отмывки газов от оксида углерода, метана и кислорода жидким азотом в промывной колонне. Холод, необходимый для создания в установке низких температур, обеспечивается аммиачным холодильным циклом, а также рекуперацией холода обратных потоков азотводородной фракции и азотного цикла высокого давления. |
| | | Процесс очистки может осуществляться с использованием реакции водяного пара (конверсией с водяным паром), проводимой в присутствии |

| | | |
|---|---|---|
| 2 | Каталитическая очистка газов с использованием реакции водяного пара | окисных железных катализаторов. Остаточное содержание оксидов углерода в очищенном газе составляет несколько десятитысячных долей процента. Одновременно происходит удаление свободного кислорода, если он присутствует в газе. |
| 3 | Очистка газов с термическим некаталитическим дожиганием и каталитическим дожиганием | Для окисления оксида углерода используют марганцевые, медно-хромовые и содержащие металлы платиновой группы катализаторы. В зависимости от состава отходящих газов в промышленности применяют различные технологические схемы очистки |

При использовании одной или комбинации указанных техник количественное значение эмиссий должно соответствовать установленным санитарно-гигиеническим, экологическим нормативам качества и целевым показателям качества окружающей среды. При наличии разных значений, определенных нормативными правовыми актами, применяются наиболее жесткие требования, установленные к СО.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

Описание представлено в разделе 5.5.5.

НДТ 26.

Для предотвращения и/или снижения выбросов оксида углерода в атмосферу при производстве обожженных анодов НДТ является использование одного или комбинации нижеуказанных методов:

| № п/п | Техники | Описание |
|-------|---|--|
| 1 | Абсорбционная очистка газов с использованием медноаммиачных растворов | Низкотемпературный процесс очистки газов и основан на физической абсорбции СО или промывке газа жидким азотом. Процесс очистки состоит из трех стадий: предварительного охлаждения и сушки исходных газов; глубокого охлаждения этих газов и частичной конденсации их компонентов; отмывки газов от оксида углерода, метана и кислорода жидким азотом в промывной колонне. Холод, необходимый для создания в установке низких температур, обеспечивается аммиачным |

| | | |
|---|---|--|
| | | холодильным циклом, а также рекуперацией холода обратных потоков азотноводородной фракции и азотного цикла высокого давления. |
| 2 | Каталитическая очистка газов с использованием реакции водяного пара | Процесс очистки может осуществляться с использованием реакции водяного пара (конверсией с водяным паром), проводимой в присутствии окисных железных катализаторов. Остаточное содержание оксидов углерода в очищенном газе составляет несколько десятитысячных долей процента. Одновременно происходит удаление свободного кислорода, если он присутствует в газе. |
| 3 | Очистка газов с термическим некаталитическим дожиганием и каталитическим дожиганием | Для окисления оксида углерода используют марганцевые, медно-хромовые и содержащие металлы платиновой группы катализаторы. В зависимости от состава отходящих газов в промышленности применяют различные технологические схемы очистки. |
| 4 | Регенеративный термический окислитель | Работа регенеративного термического окислителя основана на химическом/термическом процессе и механическом процессе. ЛОС вступают в реакцию с кислородом в технологических газах и образуют углекислый газ CO_2 и водяной пар H_2O , которые не представляют опасности и не имеют запаха |
| 5 | Каталитический термический окислитель | Каталитический окислитель представляет собой тип оборудования для контроля выбросов загрязняющих веществ, который предназначен для уменьшения промышленных выбросов, насыщенных большим количеством ЛОС |

При использовании одной или комбинации указанных техник количественное значение эмиссий должно соответствовать установленным санитарно-гигиеническим, экологическим нормативам качества и целевым показателям качества окружающей

среды. При наличии разных значений, определенных нормативными правовыми актами, применяются наиболее жесткие требования, установленные к СО.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 4.

Описание представлено в разделе 5.5.5.

НДТ 27.

Для предотвращения и/или снижения выбросов оксида углерода в атмосферу при электролитическом производстве первичного алюминия НДТ является использование одного или комбинации нижеуказанных методов:

| № п/п | Техники | Описание |
|-------|---|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Абсорбционная очистка газов с использованием медноаммиачных растворов | Низкотемпературный процесс очистки газов и основан на физической абсорбции СО или промывке газа жидким азотом. Процесс очистки состоит из трех стадий: предварительного охлаждения и сушки исходных газов; глубокого охлаждения этих газов и частичной конденсации их компонентов; отмывки газов от оксида углерода, метана и кислорода жидким азотом в промывной колонне. Холод, необходимый для создания в установке низких температур, обеспечивается аммиачным холодильным циклом, а также рекуперацией холода обратных потоков азотноводородной фракции и азотного цикла высокого давления. |
| 2 | Каталитическая очистка газов с использованием реакции водяного пара | Процесс очистки может осуществляться с использованием реакции водяного пара (конверсией с водяным паром), проводимой в присутствии окисных железных катализаторов. Остаточное содержание оксидов углерода в очищенном газе составляет несколько десятитысячных долей процента. Одновременно происходит удаление свободного кислорода, если он присутствует в газе. |
| 3 | Очистка газов с термическим некаталитическим дожиганием и каталитическим дожиганием | Для окисления оксида углерода используют марганцевые, медно-хромовые и содержащие металлы платиновой группы катализаторы. В зависимости от состава отходящих газов в |

| | | |
|---|---------------------------------------|--|
| | | промышленности применяют различные технологические схемы очистки. |
| 4 | Регенеративный термический окислитель | Работа регенеративного термического окислителя основана на химическом/термическом процессе и механическом процессе. ЛОС вступают в реакцию с кислородом в технологических газах и образуют углекислый газ CO ₂ и водяной пар H ₂ O, которые не представляют опасности и не имеют запаха. |
| 5 | Каталитический термический окислитель | Каталитический окислитель представляет собой тип оборудования для контроля выбросов загрязняющих веществ, который предназначен для уменьшения промышленных выбросов, насыщенных большим количеством ЛОС. |

6.3. Снижение сбросов сточных вод

НДТ 28.

НДТ для удаления и очистки сточных вод является управление водным балансом предприятия. НДТ заключается в использовании одной или комбинации нижеуказанных техник:

| № п/п | Техники | Применимость |
|-------|---|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | разработка водохозяйственного баланса горнодобывающего предприятия | Общеприменимо |
| 2 | внедрение системы оборотного водоснабжения и повторного использования воды в технологическом процессе | Общеприменимо |
| 3 | сокращение водопотребления в технологических процессах | Общеприменимо |
| 4 | гидрогеологическое моделирование месторождения | Общеприменимо |
| 5 | внедрение систем селективного сбора шахтных и карьерных вод | На действующих установках применимость может быть ограничена конфигурацией существующих систем сбора сточных вод |
| | | На действующих установках применимость может быть |

| | | |
|---|---|--|
| 6 | использование локальных систем очистки и обезвреживания сточных вод | ограничена конфигурацией существующих систем очистки сточных вод |
|---|---|--|

Описание представлено в разделе 5.6.

НДТ 29.

НДТ для снижения гидравлической нагрузки на очистные сооружения и водные объекты является снижение водоотлива карьерных и шахтных вод путем применения отдельно или совместно следующих технических решений:

| № п/п | Техники | Применимость |
|-------|---|--|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | применение рациональных схем осушения карьерных и шахтных полей | Определяется исходя из горно-геологических, гидрогеологических и горнотехнических условий разрабатываемого месторождения |
| 2 | использование специальных защитных сооружений и мероприятий от поверхностных и подземных вод, таких как водопонижение и/или противодиффузионные завесы и другое | Общеприменимо |
| 3 | оптимизация работы дренажной системы | Общеприменимо |
| 4 | изоляция горных выработок от поверхностных вод путем регулирования поверхностного стока | Общеприменимо |
| 5 | отвод русел рек за пределы горного отвода | Применяется в тех случаях, когда обводнение карьера или шахты за счет поступления вод из них достаточно существенно |
| 6 | недопущение опережающего понижения уровней подземных вод | Общеприменимо |
| 7 | предотвращение загрязнения шахтных и карьерных вод в процессе откачки | Общеприменимо |

Описание представлено в разделе 5.6.

НДТ 30.

НДТ для снижения негативного воздействия на водные объекты является управление поверхностным стоком территории наземной инфраструктуры с целью сведения к минимуму попадания ливневых и талых сточных вод на загрязненные

участки, отделения чистой воды от загрязненной, предотвращения эрозии незащищенных участков почвы, предотвращения заиливания дренажных систем путем применения отдельно или совместно следующих технических решений:

| № п/п | Техники | Применимость |
|-------|---|---------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | организация системы сбора и очистки поверхностных сточных вод с породных отвалов | Общеприменимо |
| 2 | перекачка сточных вод из гидротехнических сооружений при отвалах в хвостохранилище | Общеприменимо |
| 3 | отведение поверхностного стока с ненарушенных участков в обход нарушенным, в том числе и выровненным, засеянным или озелененным, что позволит минимизировать объемы очищаемых сточных вод | Общеприменимо |
| 4 | очистка поверхностного стока с нарушенных и загрязненных участков территории с повторным использованием очищенных сточных вод на технологические нужды | Общеприменимо |
| 5 | организация ливнеотоков, траншей, канав надлежащих размеров; оконтуривание, террасирование и ограничение крутизны склонов; применение отмоستков и облицовок с целью защиты от эрозии | Общеприменимо |
| 6 | организация подъездных дорог с уклоном, оснащение дорог дренажными сооружениями | Общеприменимо |
| 7 | выполнение фитомелиоративных работ биологического этапа рекультивации, осуществляемых сразу же после создания корнеобитаемого слоя с целью предотвращения эрозии | Общеприменимо |

Описание представлено в разделе 5.6.

НДТ 31.

НДТ для снижения уровня загрязнения сточных (шахтных, карьерных) вод веществами, содержащимися в горной массе, продукции или отходах производства, является применение одной или нескольких приведенных ниже техник очистки сточных вод:

| | | |
|--|--|--|
| | | |
|--|--|--|

| № п/п | Техники | Применимость |
|-------|--------------------------|---------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Осветление и отстаивание | Общеприменимо |
| 2 | Фильтрация | Общеприменимо |
| 3 | Сорбция | Общеприменимо |
| 4 | Коагуляция, флокуляция | Общеприменимо |
| 5 | Химическое осаждение | Общеприменимо |
| 6 | Нейтрализация | Общеприменимо |
| 7 | Окисление | Общеприменимо |
| 8 | Ионный обмен | Общеприменимо |

Таблица 6.8. Технологические показатели сбросов карьерных и шахтных сточных вод при добыче бокситов, поступающих в поверхностные водные объекты

| № п/п | Параметр | НДТ-ТП (мг/дм ³)* |
|-------|---------------------|-------------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Марганец (Mn) | C _{н.к.} -5,8 |
| 2 | Свинец (Pb) | C _{н.к.} -0,5 |
| 3 | Алюминий (Al) | C _{н.к.} -0,3 |
| 4 | Железо (Fe) | C _{н.к.} -2 |
| 55 | Взвешенные вещества | C _{н.к.} -25 |

*

- 1) среднесуточное значение;
- 2) используемые показатели в местах выпуска очищенных потоков из установок по очистке сточных вод;
- 3) в отношении установления технологических показателей в сбросах карьерных и шахтных сточных вод в пруды-накопители и пруды-испарители норма не будет распространяться при условии их соответствия требованиям, применяемым в отношении гидротехнических сооружений с подтверждением отсутствия воздействия на поверхностные и подземные водные ресурсы по результатам мониторинговых исследований за последние 3 года;
- 4) установление факта негативного воздействия на поверхностные и подземные водные ресурсы свидетельствует о нарушении требований, применяемых к гидротехническим сооружениям. В этом случае количественные показатели эмиссий должны соответствовать действующим санитарно-гигиеническим, экологическим нормативам качества и целевым показателям качества окружающей среды по отношению к местам культурно-бытового водопользования;
- 5) используемые показатели (за исключением взвешенных веществ) применяются при условии содержания соответствующих веществ в составе добываемой руды;

б) в целях соблюдения экологических нормативов качества ($C_{н.к.}$) и недопущения ущерба окружающей среде установление технологических показателей при сбросе сточных вод в водные объекты выше экологических нормативов качества допускается до верхней границы соответствующего диапазона при обосновании в рамках оценки воздействия на окружающую среду.

Мониторинг, связанный с НДТ: см. НДТ 5.

Описание представлено в разделе 5.6.

6.4. Управление отходами

НДТ 32.

Чтобы предотвратить или, если предотвращение невозможно, сократить количество отходов, направляемых на утилизацию, НДТ подразумевает составление и выполнение программы управления отходами в рамках системы экологического менеджмента (см. НДТ 1), которая обеспечивает в порядке приоритетности предотвращение образования отходов, их подготовку для повторного использования, переработку или иное восстановление.

НДТ 33.

В целях снижения количества отходов, направляемых на утилизацию при добыче и обогащении руды, НДТ заключается в организации операций на объекте для облегчения процесса повторного использования технологических полупродуктов или их переработку с помощью использования одной и/или комбинации техник:

| № п/п | Техники | Применимость |
|-------|--|---------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Повторное использование пыли из системы пылегазоочистки | Общеприменимо |
| 2 | Использование пресс-фильтров для обезвоживания отходов обогащения | Общеприменимо |
| 3 | Использование керамических вакуум-фильтров для обезвоживания отходов обогащения | Общеприменимо |
| 4 | Использование отходов добычи и обогащения в качестве сырья или добавки к продукции во вторичном производстве и строительных материалов, доизвлечение из промышленных отходов | Общеприменимо |
| 5 | Использование отходов при заполнении выработанного пространства | Общеприменимо |
| | | |

| | | |
|---|--|---------------|
| 6 | Использование отходов при ликвидации горных выработок | Общеприменимо |
| 7 | Переработка отходов добычи и обогащения (вторичные минеральные ресурсы, техногенные месторождения) с целью извлечения основных и попутных ценных компонентов | Общеприменимо |

Описание представлено в разделе 5.7.

6.5. Требования по ремедиации

Горнодобывающая деятельность неизбежно влияет на окружающую среду. Воздействие горнодобывающей деятельности на окружающую среду зависит от геологических особенностей, размера, формы месторождения и концентрации полезного компонента, природно-климатических особенностей территории расположения, а также применяемых методов добычи и обогащения, выбранных технических и технологических решений, природоохранных мероприятий и др.

Горнодобывающая деятельность оказывает воздействие на все компоненты окружающей среды: недра, земли, почвы, поверхностные и подземные воды, атмосферный воздух, растительный и животный мир.

Основными экологическими аспектами предприятий по добыче и обогащению бокситов являются выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, образование рудничных и шахтных вод, отходов (золошлаков и хвостов обогащения), использование земель.

Согласно Экологическому кодексу ремедиация проводится при выявлении факта экологического ущерба:

- животному и растительному миру;
- подземным и поверхностным водам;
- землям и почве;

Таким образом, в результате деятельности предприятий по добыче и обогащению бокситов следующие негативные последствия наступают в результате загрязнения атмосферного воздуха и дальнейшего перехода загрязняющих веществ из одного компонента природной среды в другую:

- загрязнение земель и почв в результате осаждения загрязняющих веществ из атмосферного воздуха на поверхность почв и дальнейшая их инфильтрация в поверхностные и подземные воды;
- воздействие на животный и растительный мир.

При обнаружении фактов экологического ущерба компонентам природной среды по результатам производственного и (или) государственного экологического контроля, причиненного в результате антропогенного воздействия и при закрытии и (или)

ликвидации последствий деятельности, необходимо провести оценку изменения состояния компонентов природной среды в отношении состояния, установленного в базовом отчете или эталонного участка.

Лицо, действия или деятельность которого причинили экологический ущерб, должно предпринять соответствующие меры для устранения такого ущерба, чтобы восстановить состояние участка, следуя нормам Экологического кодекса (ст. 131 – 141 раздела 5) и методическим рекомендациям по разработке программы ремедиации.

Помимо того, лицо, действия или деятельность которого причинили экологический ущерб, должно принять необходимые меры для удаления, сдерживания, или сокращения эмиссий соответствующих загрязняющих веществ, также для контрольного мониторинга в сроки и периодичность, для того, чтобы с учетом их текущего или будущего утвержденного целевого назначения участок больше не создавал значительного риска для здоровья человека и не причинял ущерб от еѸ деятельности в отношении окружающей среды из-за загрязнения компонентов природной среды.

7. Перспективные техники

Данный раздел содержит информацию о новейших техниках, относящихся к процессам производства алюминия, в отношении которых проводятся научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы или осуществляется их опытно-промышленное внедрение.

7.1. Перспективные направления в производстве алюминия

Алюминиевая отрасль играет ключевую роль в металлургии легких металлов.

Конструкции из алюминия требуют более низких затрат в течение срока службы и практически не требуют ремонта. Обладая хорошей гибкостью, алюминиевые конструкции эффективно несут нагрузки и значительно снижают затраты на сооружение фундаментов и опор. Это позволяет в сжатые сроки производить модернизацию строительных сооружений.

Во всех видах транспорта присутствие алюминия обеспечивает повышение скорости и безопасности движения, экономию энергии. Применение алюминия в транспорте и упаковке, в быту, а также практически полная возможность его рециркуляции способствует улучшению экологии окружающей среды.

Расширение потребления алюминия будет зависеть от глобальных мировых процессов развития экономики и покупательского спроса населения.

Снижение издержек при производстве алюминия благодаря внедрению достижений науки и техники позволяет реализовать продукцию по низким ценам и дает возможность расширить рынок.

В настоящее время в мировой алюминиевой промышленности уже есть такие научно-исследовательские наработки, которые могут радикально изменить технологию производства алюминия и снизить издержки производства.

В XXI веке в мировом производстве алюминия намечались следующие тенденции: дальнейшая интернационализация и укрупнение алюминиевого бизнеса, включение в него энергетических мощностей;

расширение потребления алюминия в таких отраслях, как автомобильное и транспортное машиностроение, строительство, бытовая техника, товары быта;

расширение рынка алюминия за счет кооперативных связей между производителем и потребителем этого металла в научно-исследовательской деятельности, разработке технологий, создании совместных производств.

В настоящее время происходят радикальные изменения в технологии алюминия и глинозема, что позволит существенно снизить издержки производства.

Проблема взаимоотношений алюминиевой промышленности как крупного потребителя электроэнергии с энергетическими структурами будет обостряться. Возникнет необходимость создания собственных источников энергоснабжения в рамках крупных компаний, что повлечет за собой укрупнение электролизных производств.

7.1.1. Перспективные технологии добычи бокситовой руды, беспилотная техника

Пионером на рынке беспилотной тяжелой техники считается американский Caterpillar. Больше 20 лет назад компания представила первый самоходный карьерный самосвал. В настоящее время на железорудных предприятиях Западной Австралии действует несколько карьеров с полностью беспилотными большегрузными автосамосвалами. Начиная с 2013 года Caterpillar поставила на рудники австралийского горнодобывающего гиганта Fortescue Metals 56 автономных самосвалов Cat 793F, а в сентябре 2017 года получила заказ на модификацию еще 100 карьерных самосвалов в беспилотные машины.

Мировой опыт роботизации - компании и карьеры

| Карьер | Страна | Роботизированная техника |
|---|-----------|---|
| RIO Tinto «Mine of the Future» | Австралия | 73 самосвала Komatsu, ЖД транспорт |
| RIO Tinto Gina Rinehart's Roy Hill | Австралия | Проект карьера разрабатывался для автономных самосвалов |
| Alberta Mining Corp | Канада | Автономные самосвалы |
| BHP Billiton, Dean Dalla Valle | Австралия | Автономные самосвалы и буровые станки (Atlas Copco) |
| BHP Billiton Meandu coal mine Newman iron ore mine | Австралия | Автономные самосвалы |
| Fortescue Mining Group | Австралия | Анонсировано, что используется 45 автономных самосвалов CAT 793 |
| Codelco | Чили | Автономные самосвалы Komatsu |
| Anglo American | ЮАР | Участок автономных шарнирно-сочлененных самосвалов (10 ед.) |
| Алроса | РФ | Использование дистанционно-управляемой техники |

Рисунок 7.1. Мировой опыт внедрения беспилотных технологий

Самосвалы работают в режиме 24/7 ежедневно в течение года, что экономит недропользователю 500 ч работы в год. Управление всеми операциями выполняется с помощью системы Cat MineStar. Грузовики управляются дистанционно из операционного центра в Перте, который находится от Пилбары в 1200 км. Каждый карьерный робот-самосвал весом в 500 т двигается со скоростью 50 км/ч – почти в 2 раза выше, чем у опытных водителей. Точность ориентации роботов – 1–2 см. Отсутствует время на пересменки, обеды. Все это дает повышение производительности, снижение простоев, удельных расходов топлива и удельных выбросов.

"Беспилотники" взаимодействуют с любой управляемой человеком техникой – грейдерами, погрузчиками, автоцистернами, бульдозерами и др. За 4,5 года работы беспилотные автомобили Caterpillar показали на 20 % большую эффективность эксплуатации по сравнению с традиционными машинами.

Производительность "беспилотников" составила 99,95 %, поскольку эти машины не простаивали и трудились в среднем на 2,5 часа больше, чем автосамосвалы, управляемые людьми.

Роботизированные самосвалы БелАЗ грузоподъемностью 130 тонн работают на угольном разрезе "Черногорский" ООО "СУЭК-Хакасия" в паре с экскаватором ЭКГ-8У. Беспилотные автомобили двигаются по выделенному участку разреза протяженностью 1350 метров и перевозят вскрышную породу. На Корбалихинском руднике АО "Сибирь-Полиметаллы" запустили в работу беспилотную погрузочно-доставочную машину (ПДМ). Внедрение автоматизированной системы контроля и управление горными работами позволяет. Находясь на расстоянии до 100 метров, оператор при помощи пульта, оснащенного системой видеонаблюдения, управляет ПДМ, что исключает нахождение оператора ПДМ в очистном пространстве.

7.1.2. Беспилотные тяговые агрегаты

Применение беспилотных тяговых агрегатов внутри карьеров и на поверхности. Отсутствует время на пересменки, обеды. Все это дает повышение производительности, снижение простоев, удельных расходов электроэнергии. Повышение надежности работы оборудования за счет исключения нарушений технологической дисциплины, превышений скорости, проездов на запрещающий сигнал светофора и т. д. В Rio Tinto (крупнейшей горнодобывающей компании Австралии) подсчитали, что перевод 40 % железнодорожного транспорта на автоматику позволит уменьшить расходы на 2 долл. на тонне железной руды и увеличить ее добычу на 5 %.

7.1.3. Автосамосвалы на альтернативных источниках энергии

В странах Африки, в Бразилии, а теперь и США успешно эксплуатируется система транспорта с применением дизель-троллейбусов. Особенно показателен пример золоторудного карьера "Бетце" (США, шт. Невада), где для транспортировки 410 тыс. т горной массы в сутки используется парк из 73 дизель-троллейбусов грузоподъемностью 170 т.

В Африке грузовые троллейбусные предприятия начали работать с 1981 г., когда в карьерах Sishen (ЮАР) на участке 2 км начали работать 55 троллейбусов. С октября 1981 г. в ЮАР было открыто движение троллейбусов Unit Rig Lectra Haul M200eT в Пхалаборве (Phalaborwa), обслуживающих участок 8 км. С 1986 г. троллейбусы на шахтах и карьерах используют в Конго (карьер Lubembashi), Намибии (бассейн Россинга – Rossing – в пустыне Намиб) на медных рудниках Гега вблизи Лубумбаши в Заире.

В начале 2012 года компания NHL-North Haul Industries Group получила первый заказ на поставку на Намибийский горный урановый карьер Кояма тягача-троллейбуса с полуприцепом полной массой 330 т с донной загрузкой.

На сегодняшний день фирма Siemens является ведущим поставщиком троллейбусов и их инфраструктуры [83].

Возобновление интереса к троллейбусам связано, в первую очередь, с уменьшением потребления дизельного топлива карьерными самосвалами. Помимо очевидного снижения затрат на топливо, на основе современной технологической базы были получены дополнительные преимущества:

- увеличение производственной мощности горного предприятия и уменьшение количества машин за счет более высокой скорости самосвалов (более эффективное использование автопарка);

- значительно более высокая энергоэффективность (около 90 %);

- постоянный крутящий момент (включая высокий крутящий момент на малых скоростях);

- быстрое реагирование на нагрузку и лучшую перегрузочную способность;

- почти двухкратное увеличение скорости движения на руководящем уклоне;

- увеличение длительности работы дизельного двигателя между моментами обслуживания;

- двух-трехкратное сокращение расхода топлива и, следовательно, снижение расходов на топливо на 70–80 %;

- снижение затрат на техническое обслуживание самосвалов с дизельным двигателем ;

- повышение доступности обслуживания и увеличение жизненного цикла дизельного двигателя (меньше рабочих часов);

- низкий уровень шума и вибрации;

- уменьшение объема выхлопа отработанных газов дизеля, загазованности карьера и образования тумана;

- возможность запуска на линии на любой скорости и полезной нагрузки.

В настоящее время с целью создания высококонкурентоспособной карьерной техники работы по применению альтернативных источников энергии активно ведутся и на ОАО "БЕЛАЗ".

Среди основных разработок:

электрический самосвал – карьерный самосвал грузоподъемностью 90 т, который в качестве источника энергии использует тяговые аккумуляторные батареи;

дизель-троллейвоз – карьерный самосвал грузоподъемностью 220–240 т, который на определенном участке карьерной дороги использует внешний источник электрической энергии, за счет этого увеличивается скорость карьерного самосвала, уменьшаются выбросы в окружающую среду и экономится дизельное топливо, которое является одним из основных источников затрат при добыче полезных ископаемых открытым способом;

самосвал, использующий газ в качестве топлива.

7.1.4. Автоматизированная система управления буровыми работами и зарядными машинами

Автоматизированная система управления буровыми работами и зарядными машинами позволит сократить время наведения станков на скважину, сформировать пакет физико-механических характеристик обрабатываемого блока, повысить оперативный контроль за техническим состоянием бурового оборудования. Полученная с АСУ БР информация позволит в реальном времени корректировать буровые работы на обрабатываемом блоке, а также даст информацию по нижележащему блоку, что позволит существенно повысить качество планирования взрывных работ, снизить расход ВВ и увеличить выход горной массы. Автоматизированное управление зарядными машинами позволит автоматически формировать потребность в зарядке скважины и производстве взрывчатых веществ, сократит перерасход взрывчатых веществ.

7.1.5. Применение систем высокоточного позиционирования ковша для забойных экскаваторов

Системы высокоточного позиционирования ковша экскаватора позволят в режиме реального времени с сантиметровой точностью позиционировать ковш экскаватора, обеспечивая высокоточную выемку и формирование проектной формы рельефа (отвалов, уступов, дорог), обеспечить отображение электронных проектов рабочих зон на дисплее оператора, профилей фактической и проектной поверхностей, наложенных друг на друга для контроля достижения проектных значений.

Данное мероприятие позволит сократить потери и засорение руды, повысить точность выполнения плановых показателей качества, обеспечить необходимый уровень шихтовки, оптимизировать определение составов породы, снизить необходимость повторного перемещения породы, количество неправильно назначаемых рейсов и объем выполняемых вручную изысканий, снизить потребление электроэнергии при производстве добычных работ.

7.1.6. Применение беспилотных летательных аппаратов для производства маркшейдерских работ

Применение беспилотных летательных аппаратов для производства маркшейдерских работ позволит оперативно решать задачи картирования, оценки объемов горных выработок и отвалов при отработке месторождения открытым способом, повысить контроль за технологическими процессами в реальном времени, повысить качество планирования горных работ, ускорить процесс закрытия периода и подготовки отчетов для контролирующих органов. Данная технология позволит сократить ресурсы для производства маркшейдерских работ.

7.1.7. Высокпроизводительная проходка горных выработок

Перспективная технология состоит в использовании проходческих комплексов для быстрой, безопасной и экономически эффективной проходки выработок различных профилей (в том числе малого сечения) по породам и рудам высокой крепости без использования буровзрывных работ.

В настоящее время проводятся полевые испытания на медных и платиновых месторождениях ЮАР.

7.1.8. Использование сплавов и износостойких материалов

Применение легких сплавов и специальных износостойких материалов для изготовления подъемных сосудов и их футеровки обеспечивает существенное снижение веса клетей и скипов, увеличение полезной емкости сосудов и веса поднимаемой горной массы без изменения конечной нагрузки, увеличение производительности, позволяет сократить расход электроэнергии и повысить производительность.

7.1.9. Автоматизированный аппаратный контроль состояния ствола, подъемных сосудов, канатов

Система непрерывного аппаратного контроля позволяет в режиме реального времени осуществлять мониторинг состояния канатов, подъемных сосудов и армировки ствола. Использование системы повышает достоверность и оперативность оценки динамических и статических параметров системы "подъемный сосуд – жесткая армировка", канатов шахтных подъемных установок. Контроль осуществляется без нарушения режимов работы ШПУ, существенно уменьшается время проведения визуального контроля, а также исключается влияние человеческого фактора на оценку фактического состояния оборудования, режимов работы и конструкций. Система автоматизированного мониторинга канатов позволяет повысить эффективность эксплуатации подъемных установок и принимать решения о проведении ремонтных работ по необходимости, позволяет сократить расход электроэнергии и повысить производительность.

7.1.10. Интеллектуальный карьер

Под проектом "Интеллектуальный карьер" подразумевается внедрение автоматизированной системы диспетчеризации (АСУ ГТК) "Карьер". Это система управления горнотранспортными комплексами на основе технологий спутниковой

навигации и роботизированной системы управления технологическими процессами открытых горных работ. Создание АСУ ГТК "Карьер" на горнодобывающих предприятиях позволяет автоматизировать процессы перевозок, выемки и буровзрывных работ, а в дальнейшем осуществлять горные работы без непосредственного участия человека. Это существенно повышает эффективность открытых горных работ, позволяет осуществлять эффективную и безопасную добычу в труднодоступных и тяжелых по климатическим условиям регионах, повышает производственную безопасность на объектах, устраняет проблему нехватки квалифицированного персонала. Использование АСУ ГТК "Карьер" переводит добычу полезных ископаемых открытым способом на современный уровень автоматизации.

7.1.11. Цифровизация управления процессами железнодорожной перевозки горной массы

В настоящее время существует значительный потенциал оптимизации процесса управления железнодорожными перевозками горной массы, связанный с полностью ручной работой диспетчеров, а также большим количеством внеплановых простоев на линии из-за времени подготовки диспетчерами маршрутов. При этом существующее состояние данных зачастую не позволяет автоматизировать движение – основными проблемами являются большая погрешность GPS датчиков на тяговых агрегатах, отсутствие геолокации хозяйственной техники и графа ж/д сети.

Создание динамической модели оптимизации диспетчеризации, подсказывающей диспетчеру оптимальные решения в онлайн-режиме, позволит сократить общее время движения тяговых агрегатов на 2 % за счет снижения времени простоев. Движение поездов в реальном времени будет осуществляться на основе данных о геолокации и текущем состоянии составов.

7.1.12. Использование присадок для дизельного топлива

С целью снижения потребления дизельного топлива карьерной спецтехникой и транспортом, а также сокращения затрат на приобретение ДТ предлагается использование присадок для дизельного топлива. В частности, рассмотрим применение присадки FP-4000, которая производится в Республике Беларусь ЗАО "Деловые коммуникации" (Минск) на основе научно-практических разработок компании INNOSPEC, специализирующейся на выпуске химической продукции. Отличительная особенность добавок данной компании состоит в первую очередь в том, что они не влияют на основные положительные свойства топлива.

Присадка FP-4000 – это жидкое химическое вещество, которое добавляется в готовое дизельное (флотское) топливо и содействует улучшению его эксплуатационных свойств.

Применение присадки позволяет экономить дизельное топливо, увеличивать моторесурс техники и улучшать экологическое состояние выхлопа дизельных двигателей.

FP-4000 оказывает комплексное действие на работу дизельного двигателя: снижает расход топлива, обеспечивает полноту его сгорания, уменьшает токсичность выбросов, дает моющий и диспергирующий, смазывающий, антикоррозионный, водоотталкивающий и антидетонационный эффект. Такая многофункциональность достигается довольно сложным химическим составом.

Основные компоненты – ароматические углеводороды, фенолы, парафины, нафтены и непредельные циклические углеводороды.

Существует возможность применения красителя, маркирующего топливо. Данная мера помогает предотвратить возможность хищения топлива.

В присадку FP-4000 входит диспергирующая составляющая, предназначенная для предотвращения осаждения кристаллов парафинов в топливе во время его хранения при температуре ниже температуры помутнения. Работа диспергатора заключается в равномерном распределении по всему объему хранилища, либо камеры сгорания всех частиц, входящих в состав топлива. Микроорганизмы лишаются питательной среды, и воспроизводство их прекращается. Присадка содержит эффективный ингибитор коррозии (смесь водо-малорастворимых соединений в малых концентрациях, способных предотвращать электрохимическую коррозию металлов в системе "электролит – нефтепродукт – металл") и высокоэффективный детергент-диспергент.

Спецтехника и транспорт, работающие на дизельном топливе, являются главными источниками эмиссий парниковых газов на предприятии.

Срок службы транспортных средств зависит от многих факторов – условий эксплуатации, погоды, температуры окружающей среды, умения обслуживающего персонала, квалификации ремонтного персонала, обеспечения запасными частями, качества применяемого топлива и многих других.

Присадка FP-4000 напрямую влияет на улучшение эксплуатационных характеристик дизельного топлива и тем самым содействует увеличению моторесурса техники.

Экономия топлива при применении FP-4000 происходит за счет повышения коэффициента полезного действия (КПД) двигателя. Иначе говоря, топливо дает большую энергоотдачу, а двигатель соответственно при той же выполняемой работе сжигает меньше топлива. Однако температура горения топлива не повышается, что важно для сохранности цилиндропоршневой системы двигателя.

Экономия дизельного топлива в натуральном выражении при применении данной ресурсосберегающей технологии достигает 4-5 % и выше (эти цифры подтверждены рядом испытаний (ходовых, стендовых и эксплуатационных), проведенных различными субъектами хозяйствования на территории СНГ. При этом финансовая выгода предприятия (с учетом стоимости присадки) составляет минимум 1,5–2 % от стоимости применяемого дизельного топлива (в зависимости от его стоимости).

7.2. Перспективные направления в производстве глинозема

7.2.1. Установка печей кальцинации циклонного типа

Техника для снижения расхода топлива при кальцинации гидрата за счет эффективного использования тепла.

Аппаратурно – технологическая схема печи кальцинации циклонного типа изображена на рисунке 7.2.

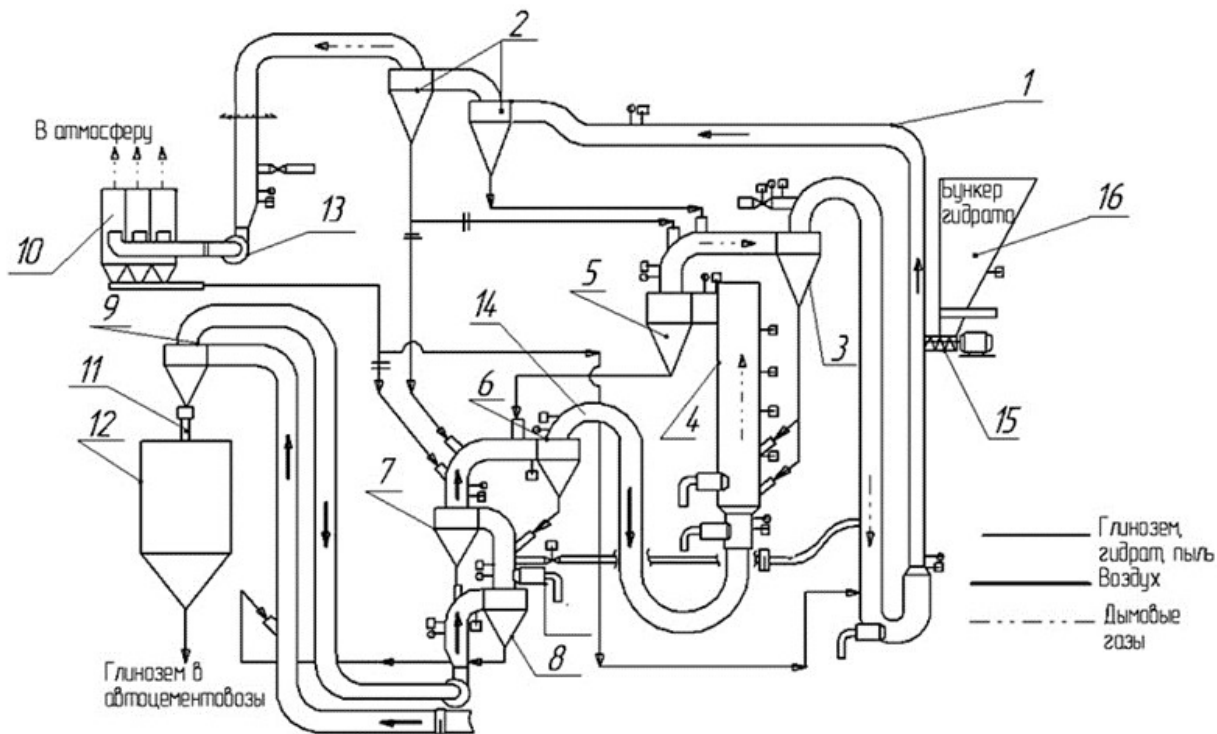


Рисунок 7.2. Аппаратурно-технологическая схема печи кальцинации циклонного типа

Отмытый гидроксид алюминия из бункера 16 шнековым питателем 15 загружается в трубу-сушилку 1, где обрабатывается смесью дымовых газов и подогреваемого воздуха, в сушилке сжигается, кроме того, 5–10 % топлива (от общего расхода). Высушенный материал выносится в циклоны-разделители – 2а, 2в, где большая часть гидроксида отделяется и подается в циклон-подогреватель 3. Дымовые газы из циклона 2в направляются дымососом в электрофильтр 10 для окончательной очистки.

В циклоне 3 гидроксид алюминия нагревается дымовыми газами из циклона кальцинатора 5, что обеспечивает частичную дегидратацию материала с переходом части гиббсита в бемит.

Полученная смесь (гиббсит+бемит) загружается в кальцинатор 4, где сжигается большая часть топлива (90–95 %). При температуре, близкой к 1000 °С, происходит окончательная дегидратация с превращением гиббсита и бемита в $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, часть $\gamma\text{-Al}_2$

O_3 переходит в $\alpha-Al_2O_3$. Аэросмесь из кальцинатора, попадая в циклон 5, разделяется: запыленные дымовые газы выводятся в циклон-подогреватель 3 и далее в сушилку 1; горячий глинозем подвергается охлаждению.

Охлаждение проводят в четырехступенчатом циклонном теплообменнике, который работает по принципу противотока. Глинозем последовательно проходит циклоны-охладители 6,7,8,9; воздух с помощью воздуходувки подается ему навстречу. Горячий воздух из циклона 6 поступает на сжигание топлива в кальцинатор 4, а из циклона 8 – в сушилку 1.

Охлажденный глинозем из циклона 9 разгружается в бункер 11 и далее передается потребителям. Таким образом, процесс кальцинации разделяется на стадии, предусматривающие для проведения каждой стадии специальную аппаратуру, что повышает эффективность процесса:

в трубе-сушилке удаляется практически вся внешняя (гигроскопическая) влага с получением сухого гиббсита;

в подогревателе 3 происходит первая стадия дегидратации $Al(OH)_3 \rightarrow AlOOH$ (бемит), которая обеспечивает удаление части химически связанной воды;

в кальцинаторе 4 и его циклоне заканчивается процесс дегидратации: $Al(OH)_3 \rightarrow AlOOH \rightarrow \gamma-Al_2O_3$, конечный продукт $\gamma-Al_2O_3$ частично (~5 %) превращается в $\alpha-Al_2O_3$;

в циклонном холодильнике (6,7,8,9) температура глинозема снижается до установленной нормы, а воздух, используемый при горении топлива, нагревается до высокой температуры.

Технологический режим: отмытый гидроксид имеет влажность 8-10 %, $t=60$ °С; $Na_2O_{отм} = 0,04$ %; температура глинозема после четвертого циклона-охладителя 80-120 °С; температура в кальцинаторе 900-1000 °С; топливо сжигается с коэффициентом избытка воздуха 1,3-1,4 с таким расчетом, чтобы содержание O_2 в дымовых газах было 7-8 %, CO – не допускается, CO_2 – 11,5 %; производительность до 23 т/ч; расход тепла 3000 кДж/кг.

В таблице 7.1 представлены сравнительные характеристики печей кальцинации.

Таблица 7.1. Сравнительные характеристики печей кальцинации

| № п/п | Тип печи | Удельный расход топлива, кг у.т./т | | Затраты, \$ млн. |
|-------|-----------------------|------------------------------------|-----------------|------------------|
| | | Начальный уровень | Настоящее время | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | Вращающаяся печь | 147 | 143,3 | 60 (г. Павлодар) |
| 2 | Lurgi Metallurgy GmbH | 109,0 | 101,4 | 25 (г. Николаев) |
| | | | | |

| | | | | |
|---|--------------------|---------|-------|--------------------------|
| 3 | F.L. SMIDTH | 106-107 | 101,0 | 25 (предложение фирмы) |
| 4 | Циклонная печь УАЗ | 98,0 | 95,9 | 3 (г. Каменск-Уральский) |

7.2.2. Производство глинозема по способу спекания нефелинов

Помимо бокситов сырьем для получения алюминия могут стать нефелиновые сиениты, алуниты, андалузиты, диаспоры и железоалюминиевые руды.

По сравнению с бокситом нефелиновые руды и концентраты характеризуются относительно небольшим содержанием оксида алюминия (до 30 %) при высоком содержании кремнезема (более 40 %). Однако при комплексной переработке нефелинового сырья рационально используются все его составляющие и наряду с глиноземом получают сода, поташ и высококачественный цемент.

Это делает переработку нефелинового сырья экономически целесообразной, несмотря на сравнительно низкое содержание в нем глинозема.

Для переработки нефелинового сырья в зависимости от его состава и свойств могут быть применены различные способы.

Этот способ включает:

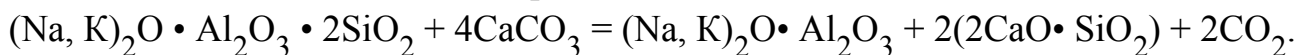
производство глинозема с получением в качестве побочных продуктов содопоташного раствора и нефелинового шлама;

производство соды и поташа из содопоташного раствора;

производство цемента из нефелинового шлама.

С разработкой и внедрением способа спекания в промышленность впервые была решена проблема комплексной переработки нефелиновых концентратов, получаемых при обогащении апатитнефелиновых пород Кольского полуострова [84].

В основу технологической схемы переработки нефелина положен способ спекания. Но шихта в этом случае составляется только из двух материалов – нефелина и известняка, так как имеющиеся в концентрате Na_2O и K_2O полностью обеспечивают перевод глинозема в алюминаты по реакции:



7.2.3. Байер-гидрогранатовая технология переработки железистых бокситов

Запасы качественных бокситов в Казахстане ограничены, поэтому сырьевая база глиноземного производства расширяется за счет вовлечения в переработку низкокачественных бокситов и создания высокорентабельной технологии их переработки. Ухудшение качества бокситов вызывает увеличение расхода сырья,

вспомогательных материалов, энергоресурсов, транспортных затрат по их перевозке, а также приводит к образованию большого количества отходов – шламов и выбросов в атмосферу.

В АО "Центр наук о Земле, металлургии и обогащения" Республики Казахстан разработана инновационная Байер-гидрогранатовая технология переработки железистых бокситов Коктальской группы месторождений, исключая передел спекания и обеспечивающая высокие технологические и экономические показатели.

Новая технология по сравнению со способом Байер-спекания имеет следующие преимущества: снижается потребление топлива и электроэнергии на 35 %, расходы щелочного реагента уменьшаются на 60 %, а уровень вредных выбросов в атмосферу сокращается в два-три раза.

Технология позволяет осуществлять переработку любого вида железистого глиноземсодержащего сырья и получать наряду с металлургическим глиноземом редкие металлы – галлий и ванадий, а также экологически безвредный гидрогранатовый шлак. Его активно можно использовать в строительстве и эффективно перерабатывать для получения чугуна, цемента и титансодержащего шлака.

Технология предусматривает полную утилизацию золы заводской ТЭС с получением глинозема и силикатной продукции.

7.2.4. Использование низкосортного технологического топлива в производстве глинозема

Потребление энергии во всем мире по ряду причин (рост численности населения, индустриализация и быстрый экономический рост развивающихся стран) постоянно увеличивается. Наиболее распространенное газовое топливо природный газ имеет низкую себестоимость добычи. Он меньше аналогичного показателя для жидкого топлива в 2–3 раза, а для каменного угля в 6-12 раз. При передаче природного газа по трубопроводу на расстояние 1,5– 2,5 тыс. км его себестоимость с учетом транспортных издержек в 1,5-2 раза ниже себестоимости каменного угля, при этом не нужны топливные склады. Установки, работающие на газовом топливе, обладают более высоким КПД по сравнению с установками, использующими другие виды топлива, они проще и дешевле в эксплуатации, сравнительно легко автоматизируются, что повышает безопасность и улучшает ведение технологического процесса, не требуют сложных устройств топливоподачи и золоудаления. Сгорает газ с минимальным количеством вредных выбросов, что улучшает санитарные условия и экологию. Однако в связи с истощением запасов основных источников энергии многие специалисты связывают будущее мировой энергетики с возможностями применения твердых энергоносителей. С экологической точки зрения наиболее предпочтительной является технология газификации твердого топлива [85].

7.3. Перспективные технологии при производстве первичного алюминия

7.3.1. Инертные аноды

Это революционная технология, где инертные аноды заменяют обычные углеродные аноды с использованием инертных, не расходуемых материалов – керамики или сплавов, что в итоге значительно сокращает выбросы парниковых газов в процессе плавления. "Углеродный след" алюминия, произведенного с применением инертных анодов, ниже среднего показателя выбросов по отрасли более чем на 85 %.

Еще одним плюсом данной технологии является выделение кислорода в процессе получения алюминия: один инертный анод может вырабатывать такой же объем кислорода, как 70 гектаров леса [86].

Производство алюминия с использованием инертного анода – революционная технология, не имеющая аналогов с точки зрения экологического эффекта. Основные преимущества данной технологии с точки зрения охраны окружающей среды:

полное исключение выбросов парниковых газов и полиароматических углеводородов при производстве алюминия;

снижение себестоимости производства более чем на 10 % за счет экономии анодов и электроэнергии;

сокращение капитальных затрат при строительстве новых заводов более чем на 30 %.

На сегодняшний день у "РУСАЛ" уже есть материал для инертного анода, который позволяет производить алюминий с более низкой себестоимостью по сравнению с технологией угольных анодов. На Красноярском алюминиевом заводе технология электролиза с инертными анодами на силу тока >100 кА проходит опытно-промышленные испытания в опытном корпусе электролиза.

Химическая реакция производства алюминия в электролизерах с инертными анодами может быть представлена в следующем виде:



Таким образом, если при использовании обожженных анодов в электролизе при получении 1 т алюминия сгорает 0,5 т углерода с образованием 1,4 т оксида и диоксида углерода, то при использовании не расходуемых инертных анодов в атмосферу будет выделяться 0,9 т кислорода. Кроме того, использование инертных анодов позволит исключить выбросы диоксида серы и смолистых веществ, значительно снизить выбросы пыли и фторидов за счет высокой герметизации электролизеров.

7.3.2. Электролизеры с мощностью силы тока 400 и 500кА

Технологии производства алюминия совершенствуются с каждым днем, делается это для того, чтобы предоставлять потребителю товар наивысшего качества, затрачивая как можно меньше средств, а также чтобы процесс производства был максимально

безопасен для окружающей среды. Существуют современные электролизеры с мощностью 400 и 500кА, но прошлые поколения установок также подвергаются модернизации.

Как известно, более ста лет алюминиевая промышленность использует электрохимический процесс для производства алюминия электролизом криолит-глиноземных расплавов с применением углеродного анода. Технологию производства непрерывно совершенствуют в сторону увеличения единичной мощности электролизеров. Ведущие алюминиевые компании мира стремятся к эксплуатации электролизеров, работающих на высокой силе тока, так как применение мощных электролизеров позволяет повысить экономическую эффективность новых заводов за счет снижения удельных капитальных и операционных затрат. Начиная с 20 века, сила тока промышленных электролизеров увеличилась от 20–40 до 400–500 кА.

7.3.3. Снижения выбросов СО на электролизных ваннах путем нанесения специального защитного покрытия анода от окисления и выгорания анода в электролизере

Защитные покрытия предназначены для защиты угольных анодов от окисления воздухом при выгорании анода в электролизере. Так, потеря анодного углерода из-за атмосферного окисления над ванной электролита в случае предварительно обожженных анодов существенно сокращает срок службы анода.

Общепринятой практикой является покрывать верх предварительно обожженных анодов смесью глинозема и дробленого электролита. Это в определенной степени снижает окисление воздухом с выгоранием анодов сверху.

В настоящее время испытываются различные способы защитных покрытий анодов, в частности в КНР проходит промышленные испытания способ нанесения специальной эмульсии, в состав которой входит связующее вещество – водный раствор силиката, такого как силикат натрия или калия и дисперсный материал, который преимущественно содержит глинозем и криолит.

Покрытие наносят на все боковые стороны, а также поверх анода. Совместным действием системы покрытий является хорошая защита анода от окисления и существенное уменьшение окисления воздухом с выгоранием. В результате сокращается уровень внеплановых замен, вызванных окислением воздухом с выгоранием.

Аноды, выполненные из кокса, содержащего ванадий и никель, склонны к большему окислению воздухом с выгоранием. Также возможность покрывать все открытые поверхности анода предотвращает дополнительные перемещения крана, необходимые для доставки глинозема и дробленого электролита наверх непокрытого анода. На рисунке 7.3 показаны анод и ниппель с нанесенным покрытием.



Рисунок 7.3. Анод и ниппеля с нанесенным покрытием

Также возможность покрыть все поверхности устраняет необходимость грубой и тонкой очистки анодных огарков, вынутых из электролизера. Кроме того, такая система покрытий предотвращает загрязнение анодного огарка фторидом и содой, следовательно, снижает повреждение печей для обжига углерода. Покрытие дает возможность аноду поддерживать подачу электрического тока через анод и способствует лучшему регулированию теплового баланса. Покрытие может наноситься как автоматизированным, так и ручным методами.

Таким образом, нанесение защитного покрытия не приводит к полному отказу от выбросов, но это позволит уменьшить выбросы предприятия на 3–4 %, за счет увеличения срока службы анода, и соответственно уменьшения расхода анода не более чем на 3–4 % [87].

7.3.4. Автоматизированные литейные линии

Анализ современного состояния техники и технологии литейного производства в алюминиевой промышленности показывает, что в последнее время значительно повысились требования к качеству выпускаемой продукции. Современные автоматизированные литейные линии – это комплексы взаимосвязанных агрегатов – технологических и вспомогательных, осуществляющих законченный технологический процесс.

Автоматизация производства обеспечивает решение экономической задачи – снижения себестоимости производства отливок. Оборудование литейных отделений зависит от вида товарной продукции, выпускаемой на каждом конкретном заводе. Основное используемое оборудование – миксеры, литейные машины, плавильные печи. Оборудование литейных отделений из-за малых величин выбросов загрязняющих веществ не оснащается системами газоочистки, для отвода из рабочей зоны

пылегазовоздушной смеси от оборудования литейных отделений могут быть предусмотрены местные отсосы.

Экономический эффект от внедрения автоматической линии в производство получают за счет снижения себестоимости изделий, повышения их качества, увеличения производительности труда, увеличения выпуска продукции. При этом сокращается или полностью заменяется ручной труд, улучшаются санитарно-гигиенические условия на рабочих местах [88].

7.3.5. Технология электролиза ОА в электролизерах второго поколения (300 кА и выше)

Основные технические решения для сокращения выбросов ЗВ от электролизеров с обожженными анодами, для которых применимо:

повторное использование боя графитового (очищенных анодных огарков), огарки обожженных анодов возвращаются в производство "зеленых" анодов;

возврат в производство пыли коксовой с кранов печи обжига;

повторное использование в качестве вторичного сырья оборотного алюминиевого шлака, извлечение алюминия из алюминиевого шлака для переплава на электролизерах ;

автоматическое питание глиноземом, фторосолями и дробленным электролитом электролизеров, что позволяет исключить разгерметизацию электролизера при проведении данной технологической операции;

система АСУТП процесса электролиза, позволяющая более точно регулировать технологические и тепловые режимы работы электролизеров, оптимизировать состав электролита, контролировать раздачу сырья в электролизеры;

применение шторного укрытия для герметизации электролизеров;

уплотнение штанг анодов электролизеров для минимизации выделений ЗВ в корпус электролиза через неплотность в месте входа штанги в укрытие электролизера;

7) для выливки металла, отбора проб и других операций использование проема с дверцами в укрытиях электролизера.

Данные мероприятия позволяют повысить эффективность укрытия электролизера и сократить выбросы ЗВ через аэрационные фонари.

7.3.6. Мониторинг и контроль параметров процесса производства алюминия

Мониторинг и контроль технологического режима и работы оборудования, стабилизации и оптимизации технологического режима применяется для:

контроля критических параметров процесса установки по снижению выбросов воздуха, такие как температура газа, измерение реагентов, падение давления, ток и напряжение ЭСО, промывочный поток жидкости и рН и газообразные компоненты (например, O₂, CO, ЛОС);

онлайн мониторинга температуры тока, напряжения и электрического контакта в электролитических процессах;

мониторинга и контроля температуры в плавильнях и плавильных печах для предотвращения образования металлов и металлических оксидов из-за перегрева.

8. Дополнительные комментарии и рекомендации

Справочник по НДТ подготовлен в соответствии со статьей 113 Экологического кодекса.

Разработка справочника по НДТ проводилась группой независимых экспертов, представленной технологами, экологами, специалистами по энергоэффективности и экспертом по экономике. Состав группы независимых экспертов сформирован рабочей группой по отбору экспертов и (или) научно-исследовательских институтов и (или) высших учебных заведений для разработки разделов проектов справочников по НДТ, созданной приказом председателя Правления Центра.

Подготовка настоящего справочника по НДТ осуществлялась при участии технической рабочей группы, созданной приказом председателя Правления Центра. В состав технической рабочей группы вошли представители субъектов промышленности по соответствующим областям применения справочника по НДТ, государственные органы в области промышленной безопасности и санитарно-эпидемиологического благополучия населения, научные и проектные организации, экологические и отраслевые ассоциации.

На первом этапе разработки справочника по НДТ проведен комплексный технологический аудит (КТА) – экспертная оценка текущего состояния предприятий алюминиевой промышленности, которая позволила определить эффективность управления производством, применяемые средства автоматизации, анализ технологических возможностей и степень воздействия предприятий на окружающую среду.

Оценка соответствия технологий, реализованных на предприятиях алюминиевой промышленности, принципам НДТ была выполнена в соответствии с методикой проведения экспертной оценки технологических процессов организаций на соответствие принципам наилучших доступных технологий.

Целью экспертной оценки являлось определение настоящего технологического состояния предприятий алюминиевой промышленности и их оценка в соответствии с параметрами НДТ.

Оценка соответствия критериям НДТ устанавливалась в соответствии с ст.113 Экологического кодекса, директивой 2010/75/ЕС Европейского парламента и Совета ЕС "О промышленных выбросах и /или сбросах (о комплексном предупреждении и контроля загрязнений), а также методологией отнесения к НДТ, отраженной в разделе 2 настоящего справочника по НДТ.

Был проведен анализ и систематизация информации алюминиевой отрасли в целом, о применяемых в отрасли технологиях, оборудовании, сбросах и выбросах

загрязняющих веществ, образовании отходов производства, других факторов воздействия на окружающую среду, энерго- и ресурсопотреблении с использованием литературных данных, изучения нормативной документации и экологических отчетов.

При подготовке справочника по НДТ изучался европейский подход внедрения НДТ.

Структура справочника по НДТ разработана по результатам проведенного КТА и анализа особенностей структуры алюминиевой отрасли Республики Казахстан, а также ориентируясь на наилучший мировой опыт.

К перспективным технологиям отнесены передовые технологии на стадии НИР и НИОКР, применяемые на практике или в качестве опытно-промышленных установок.

По итогам подготовки справочника по НДТ были сформулированы следующие рекомендации, касающиеся дальнейшей работы над настоящим справочником и внедрения НДТ:

предприятиям рекомендуется осуществлять сбор, систематизацию и хранение сведений об уровнях эмиссий загрязняющих веществ в окружающую среду, в особенности маркерных, в целях проведения анализа, необходимого для последующих этапов разработки справочника, в том числе в целях пересмотра перечня маркерных загрязняющих веществ и технологических показателей, связанных с применением НДТ ;

внедрение автоматизированной системы мониторинга эмиссий в окружающую среду является необходимым инструментом получения фактических данных по эмиссиям маркерных загрязняющих веществ и пересмотра технологических показателей маркерных загрязняющих веществ;

при модернизации технологического и природоохранного оборудования в качестве приоритетных критериев выбора новых технологий, оборудования, материалов следует использовать повышение энергоэффективности, ресурсосбережение, снижение негативного воздействия объектов производства алюминия на окружающую среду.

Библиография

Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the main Non-Ferrous Metals Industries.

Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 13–2020.

Reference document on Best Available Techniques for Energy Efficiency European Commission 2009.

Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 48–2017.

Предотвращение и контроль промышленного загрязнения.

Экологический кодекс Республики Казахстан. Кодекс Республики Казахстан от 2 января 2021 года № 400-VI ЗРК. – Парламент Республики Казахстан. –Нур-Султан. – 2021. – 549 с.

Тюлягин. Об экономике, инвестициях, технологиях и будущем [Электронный ресурс].

Ибрагимов А. Т., Пак Р. В. Электрометаллургия алюминия, Казахстанский электролизный завод, Павлодар, 2009.

Eurasian Resources Group ERG: Официальный сайт URL: <https://erg.kz/ru>.

Отчет об экспертной оценке АО "Алюминий Казахстана" предприятия на соответствие принципам наилучших доступных технологий Часть1. Павлодарский алюминиевый завод / НАО "Международный центр зеленых технологий и инвестиционных проектов". - Нур-Султан, 2021.

Закон РК "Об энергосбережении и повышении энергоэффективности" от 13 января 2012 года.

Отчет об экспертной оценке АО "Казахстанский электролизный завод" предприятия на соответствие принципам наилучших доступных технологий. / НАО "Международный центр зеленых технологий и инвестиционных проектов". - Нур-Султан, 2021.

Приказ Министра по инвестициям и развитию Республики Казахстан от 31 марта 2015 года № 394 "Об утверждении нормативов потребления".

ISO 50001 "Energy management systems – Requirements with guidance for use".

СТ РК ISO 50001–2019. Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по использованию.

Сынкова Л.Н. Новое в технологии переработки бокситов Краснооктябрьского месторождения, с. 17-19.

Руководство ЕМЕП/ЕАОС по инвентаризации выбросов, Отчет ЕАОС, №13/2019.

Руководство по оценке отчетов ОВОС горнорудных проектов, Всемирный Альянс Экологического Права, 2010.

MINEO Consortium “Review of potential environmental and social impact of mining”, 2000.

Пяйви Кауппила, Марья Лииса Ряйсянен, Сари Мюллюоя Наилучшие экологические практики в горнодобывающей промышленности (металлические руды), Центр окружающей среды Финляндии, Хельсинки, 2011 [Электронный ресурс].

Гаткина Р.Ф., Мирпочаев Х.А и другие "Разработка технологии утилизации отходов производства алюминия" Институт химии им. В. И. Никитина АН РТ.

Матевосова К.Л., Грязнова В.А., Чазов Т.К. Экологические проблемы и устойчивое развитие алюминиевой промышленности, Российский журнал "Ресурсы, консервация и переработка", 2019, № 2, Том 6.

Утепов Е.Б., Батесова Ф.К., Умирбаева Р.С., Сихинбаева Г.Д. Исследования в области шумовой акустики // "Новости охраны труда, окружающей среды и защиты человека в чрезвычайных ситуациях" Пятая международная научно-техническая конференция. - Алматы: КазНТУ, 2002, часть 1. стр. 377–379.

Smets, T., S. Vanassche and D. Huybrechts (2017), Guideline for determining the Best Available Techniques at installation level, VITO [Электронный ресурс].

European Commission (2006) European IPPC Bureau, "Economics and Cross-Media Effects".

Постановление Правительства РК №187 от 1/04/2022г. "Об утверждении перечня пятидесяти объектов I категории, наиболее крупных по суммарным выбросам загрязняющих веществ в окружающую среду на 1 января 2021 года".

Параграф 4 "Плата за негативное воздействие на окружающую среду" Ст.576, Гл. 69, Раздел 18 "Платежи в бюджет" Налогового Кодекса РК.

Ст.328 "Нарушение нормативов допустимого антропогенного воздействия на окружающую среду" Кодекс об административных правонарушениях РК.

Вокин В.Н., Морозов В.Н. Открытая геотехнология, Красноярск, Сиб. федер. ун-т, 2013, с. 156.

Ракишев Б.Р. Технологические комплексы открытых горных работ, Алматы, 2015, с. 313.

Эволюция и сравнительный анализ ресурсной эффективности промышленных технологий, ФГАУ "НИИ "ЦЭПП", 2019, с. 824.

Мальгин О.Н. Основные способы снижения выбросов пыли и газов при выполнении массовых взрывов в карьере Мурунтау, Журнал "Горная Промышленность", №4, 2002.

Комонов С.В., Комонова Е.Н. Ветровая эрозия и пылеподавление, Красноярск, изд-во СФУ, 2008, с. 192.

СТ РК ISO 14001:2015. Системы экологического менеджмента-Требования и руководство по применению.

Каменев, Е. А. Техногенные минерально–сырьевые ресурсы / Е. А. Каменев, Ю. А. Киперман, М. А. Комаров, В. А. Коткин, А. Б. Аширматов; под ред. Б. К. Михайлова. – М.: Научный мир, 2012. – 236 с.

Потапова Т.Б., Богданов А.В., Налепов А.В., Григорьев А.А., Ибраев Д.Ю., Токарчук В.К. Опыт создания системы управления технологическими процессами на предприятиях цветной металлургии Казахской ССР (на примере глиноземного производства). Алматы: Наука, 1988, стр. 120.

Методика определения мощности потерь холостого хода трансформаторов с различным сроком службы. Ю.Б. Казаков, В.Я. Фролов, А.В. Коротков. "Вестник ИГЭУ" Вып. 1. 2012.

Земсков А.Н. Пути улучшения ситуации в горно-машиностроительной промышленности России, Журнал "Горная Промышленность", 2005, № 3, с. 22-29.

Долженко П.А., Долженков А.П., Шек В.В. Перспективы применения карьерных самосвалов большой и особо большой грузоподъемности на горнодобывающих предприятиях Республики Казахстан, Горный информационно–аналитический бюллетень, 2013, № 9, с. 227-228.

Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 23–2017 "Добыча и обогащение руд цветных металлов".

Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 25–2017 "Добыча и обогащение железных руд".

Красных А.И., Твердохлебов С.А., Фатюшин М.В. Экспериментальные работы по поиску способов переработки высокожелезистой составляющей боксита. Сборник докладов XI международной конференции Аллюминий Сибири – 2005 – Красноярск: НТЦ Легкие металлы, 2005. – с. 216 – 218.

Ни Л.П., Гольдман М.М., Соленко Т.В. Переработка высокожелезистых бокситов. М.: "Металлургия", 1979, с. 248.

Абрамов В.Я., Еремин Н.И. Выщелачивание алюминатных спеков. - М.: "Металлургия", 1976, с. 208.

Михайлова О.И., Твердохлебов С.А. Исследование физико-химических характеристик материала при использовании в процессе спекания шламовой шихты различных видов восстановителей. Аллюминий Сибири, 2003, с. 355-360.

Янин С.В. Определение уравнения линейной регрессии для расчета съема Al_2O_3 из алюминатных растворов в условиях декомпозиции // Сборник докладов VIII Международной конференции 10-12 сентября 2002г. – Красноярск, 2002.

Шевкун Е. Б. Взрывные работы под укрытием. Хабаровск: Изд–во Хабар. гос. техн. ун–та, 2004, 202 с.

Чемезов Е.Н., Делец Е.Г. Борьба с пылью на открытых горных работах, Научно-технический журнал Вестник, 2017, № 1, с. 42-46.

Мартьянов В. Л. Аэрология горных предприятий, КузГТУ, Кемерово, 2016.

Каркашадзе Г.Г., Немировский А.В. Разработка способа предотвращения пыления наливного хвостохранилища горного предприятия с использованием глинокомполитных адгезионных хвостов, Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2014.

Schenck Process Фильтры с импульсной очисткой LST/LSTC [Электронный ресурс].

Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям ИТС 11–2019 "Производство алюминия".

REINBERG Фильтрующие материалы и фильтры [Электронный ресурс].

СИБЭЛКОН Промышленная фильтрация [Электронный ресурс].

LLC "Intech GmbH" Сравнение и выбор фильтров [Электронный ресурс].

Планета Эко. Эффективные технологии очистки, Устройство пылеуловителей циклон [Электронный ресурс].

Проектная документация ОАО "Лебединский ГОК", Раздел 8 "Перечень мероприятий по охране окружающей среды", 2013 [Электронный ресурс].

КС-Технологии Преимущества и недостатки циклонов [Электронный ресурс].

Усть-Каменогорский завод технологического оборудования, Применение электрофильтров: особенности [Электронный ресурс].

СиБ Контролс, Каталитические термические окислители - как системы контроля выбросов вредных и загрязняющих веществ [Электронный ресурс].

Condorchem Envitech, Очистка промышленных сточных вод и выбросов в атмосферу [Электронный ресурс].

Справочник по наилучшим доступным техникам Производство цемента и извести. Международный центр зеленых технологий и инвестиционных проектов Нур-Султан, 2021.

Дубровская О.Г. Ресурсосберегающие технологии обезвреживания и утилизации отходов предприятий теплоэнергетического комплекса Красноярского края, 2014.

Лебедева Е.А. Охрана воздушного бассейна от вредных технологических и вентиляционных выбросов, ННГАСУ, 2010.

Родионов А.И. Охрана окружающей среды: процессы и аппараты защиты атмосферы, 2018.

Ветошкин А.Г. Технология защиты окружающей среды (теоретические основы), 2015.

БЛМ Синержи, Регенеративный термический окислитель (РТО) [Электронный ресурс].

СиБ Контролс, Регенеративные термические окислители - как системы контроля выбросов вредных и загрязняющих веществ [Электронный ресурс].

Кузьменко О.М. Состояние и перспективы развития закладочных работ на подземных рудниках Украины. // Вестник НГУ, 2013, с. 109–117.

Хомяков, В.И. Зарубежный опыт закладки на рудниках /В.И. Хомяков. – М.: Недра, 1984. – 224 с.

Система осушения Стойленского ГОКа, Новотэк, Научно-технический и экспертный центр новых экотехнологий в гидрогеологии и гидротехнике [Электронный ресурс].

Бузин И. Современные методы очистки сточных вод, Испытательный центр МГУ, 2022.

Санитарная очистка и уборка населенных мест: Справочник/ Под редакцией А.Н. Мирного. М.: Стройиздат, 1990.

Фомичев В.Т., Бузинова О.П. Современные методы очистки сточных вод [Электронный ресурс].

НПО Агростройсервис Очистные сооружения и градирни, Методы очистки сточных вод [Электронный ресурс].

НПО Агростройсервис Очистные сооружения и градирни, Преимущества биологической очистки [Электронный ресурс].

НПО Агростройсервис Очистные сооружения и градирни, Биологические очистные сооружения [Электронный ресурс].

Крупник Л.А., Шапошник Ю.Н., Шапошник С.Н. Совершенствование закладочных работ на горнодобывающих предприятиях Казахстана. Горн. журн. Казахстана, 2012, № 10.

Гусев Ю.П., Березиков Е.П., Крупник Л.А., Шапошник Ю.Н., Шапошник С.Н. Ресурсосберегающие технологии добычи руды на Малеевском руднике Зырянского ГОКа (АО "Казцинк"). Горн. журн. Казахстана, 2008, № 11.

Крупник Л.А., Шапошник Ю.Н., Шапошник С.Н. Исследование составов смесей для совершенствования закладочных работ на подземных рудниках Восточного Казахстана. Горн. журн. Казахстана, 2010, № 4.

Музгина В.С. Опыт и перспективы использования отходов производства для закладки. ИГД им. Д.А. Кунаева "Науч.–техн. обеспеч. горного про–ва", № 68, 2004.

Крупник Л.А., Шапошник Ю.Н., Шапошник С.Н., Турсунбаева А.К. Технология закладочных работ на горнодобывающих предприятиях Республики Казахстан. ФТПРПИ, № 1, 2013, с. 95–105.

Кузьменко О.М. Состояние и перспективы развития закладочных работ на подземных рудниках Украины. Вестник НГУ, 2013, с. 109–117.

Грехнев Н.И., Рассказов И.Ю. Техногенные месторождения в минеральных отходах Дальневосточного региона как новый источник минерального сырья. Горный информационно–аналитический бюллетень, 2007, № 3, с. 38–46.

Анисимов В.Н. Безотходная переработка природно-техногенных месторождений мобильными технологическими комплексами. Журнал "Горная Промышленность", №4 (86), 2009, с. 42.

Хазин М. Л., Штыков С. О. Карьерный электрифицированный транспорт. Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова, 2018, Т.16. №1, с. 11–18.

Троицкий И.А., Железнов В.А. Metallургия алюминия [Электронный ресурс].

О.А. Дубовиков, В.Н. Бричкин "Направления и перспективы использования низкосортного технологического топлива в производстве глинозема" Санкт-Петербургский горный университет, 2016.

Технология инертного анода компании металлургического сегмента En+ Group URL : enplusgroup.com [Электронный ресурс].

Анализ возможности снижения выбросов монооксида углерода, образующегося в процессе электролиза алюминия на электролизных ваннах АО "КЭЗ", ОтчѸт по договору НАО "Торайгыров университет", Павлодар, 2022.

Одиночко В.Ф., Ровин С.Л. Автоматические линии для изготовления отливок в разовых формах, Минск, 2018.

© 2012. РГП на ПХВ «Институт законодательства и правовой информации Республики Казахстан»
Министерства юстиции Республики Казахстан