ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК
ПО НАИЛУЧШИМ ДОСТУПНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ

ИТС 33 – 2020

Производство специальных неорганических химикатов



Москва
Бюро НДТ
2020

Содержание

Введение VI
Область применения 1
Раздел 1 Общая информация об отрасли химической промышленности 4
Раздел 2 Производство цианидов 5
2.1 Описание технологических процессов, используемых в производстве цианида натрия 5
2.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду 10
Раздел 3 Производство гидросульфида натрия 11
3.1 Описание технологических процессов, используемых в производстве гидросульфида натрия 11
3.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при производстве гидросульфида натрия 13
Раздел 4 Производство катализаторов 14
4.1 Общая информация 14
4.2 Описание технологических процессов, используемых в производстве катализаторов 16
4.2.1 Основные стадии производства катализаторов 16
4.2.2 Производство алюмоникелевых катализаторов конверсии метана и углеводородных газов 17
4.2.3 Производство алюмопалладиевых катализаторов 20
4.2.4 Производство алюмоплатиновых (платино-рениевых) катализаторов на основе активного оксида алюминия 22
4.2.5 Производство никель-вольфрам-сульфидных катализаторов с добавкой оксида алюминия 25
4.2.6 Производство сульфокатионитных катализаторов 28
4.2.7 Производство железокалиевых катализаторов 30
4.2.9 Производство катализаторов «палладий на угле» 35
4.2.10 Производство алюмоникелькобальтмолибденовых катализаторов 38
4.2.11 Производство цинкхроммедных катализаторов 40
4.2.12 Производство алюмоцинкхромовых катализаторов 43
4.2.13 Производство цинкхромовых катализаторов 45
4.2.14 Производство микросферических алюмохромовых катализаторов 47
4.2.15 Производство железохромовых катализаторов 51
4.2.16 Производство цеолитсодержащих катализаторов 55
4.2.17 Производство катализаторов «силилхромат на силикагеле» (S-2) 57
4.2.18 Производство катализаторов «хромоцен на силикагеле» (S-9) 59
4.2.18 Производство катализаторов каталитического крекинга, катализаторов гидроочистки дизельного топлива и вакуумного газойля, катализаторов гидрокрекинга вакуумного газойля,

реактивированных катализаторов гидроочистки в составе единого комплекса ... 62
4.3 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при производстве катализаторов ... 78
Раздел 5 Производство треххлористого фосфора ... 106
5.1 Описание технологических процессов, используемых в производстве треххлористого фосфора ... 106
5.1.1 Прием, хранение и выдача желтого фосфора ... 108
5.1.2 Хлорирование желтого фосфора ... 108
5.1.3 Перегонка треххлористого фосфора и разложение кубового остатка ... 108
5.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду ... 111
Раздел 6 Производство специальных видов аммиачной селитры ... 114
6.1 Описание технологических процессов, используемых в производстве специальных видов аммиачной селитры ... 114
6.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при производстве специальных видов аммиачной селитры ... 120
Раздел 7 Производство технических солей и реактивов ... 122
7.1 Производство алюминия азотнокислого 9-водного ... 122
7.1.1 Описание технологических процессов, применяемых при производстве алюминия азотнокислого 9-водного ... 122
7.1.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду ... 126
7.2 Производство висмута (III) хромовокислого основного водного ... 127
7.2.1 Описание технологических процессов, применяемых при производстве висмута (III) хромовокислого основного водного ... 127
7.2.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду ... 131
7.3 Производство соединений железа ... 132
7.3.1 Описание технологических процессов, применяемых при производстве соединений железа ... 132
7.3.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при производстве соединений железа ... 143
7.4 Производство реактива Несслера ... 146
7.4.1 Описание технологических процессов, применяемых при производстве реактива Несслера ... 146
7.4.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду ... 149
7.5 Производство соединений кадмия ... 150
7.5.1 Описание технологических процессов, применяемых при производстве соединений кадмия ... 151
7.5.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при производстве соединений кадмия ... 163
7.6 Производство соединений кобальта ... 169

7.6.1 Описание технологических процессов, применяемых при производстве соединений кобальта 169
7.6.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при производстве соединений кобальта 179
7.7 Производство соединений меди 182
7.7.1 Описание технологических процессов, применяемых при производстве соединений меди 183
7.7.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при производстве соединений меди 197
7.8 Производство соединений никеля 201
7.8.1 Описание технологических процессов, применяемых при производстве соединений никеля 202
7.8.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при производстве соединений никеля 214
7.9 Производство соединений серебра 219
7.9.1 Описание технологических процессов, применяемых при производстве соединений серебра 219
7.9.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при производстве соединений серебра 233
7.10 Производство цинка азотнокислого 6-водного 236
7.10.1 Описание технологических процессов, применяемых при производстве цинка азотнокислого 6-водного 236
7.10.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду 239
7.11 Производство жидкости тяжелой М-45 240
7.11.1 Описание технологических процессов, применяемых при производстве жидкости тяжелой М-45 241
7.11.2 Синтез жидкости тяжелой М-45 241
7.11.3 Упаривание жидкости тяжелой М-45 242
7.11.4 Фильтрация жидкости тяжелой М-45 242
7.11.5 Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка 242
7.11.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду 243
7.12 Производство железного купороса как побочного продукта производства диоксида титана 244
7.12.1 Описание технологических процессов, используемых в производстве железного купороса как побочного продукта производства диоксида титана 245
7.12.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при производстве железного купороса как побочного продукта производства диоксида титана 247
Раздел 8 Производство треххлористого бора 249
8.1 Описание технологических процессов, используемых в производстве треххлористого бора 249
8.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при производстве треххлористого бора 254

Раздел 9 Производство диоксида титана 257
9.1 Описание технологических процессов, используемых в производстве диоксида титана 257
9.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при производстве диоксида титана 266
Раздел 10 Производство железоокисного пигмента как побочного продукта производства диоксида титана 269
10.1 Описание технологических процессов, используемых в производстве железоокисного пигмента как побочного продукта производства диоксида титана 269
10.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при производстве железоокисного пигмента как побочного продукта производства диоксида титана 273
Раздел 11 Определение наилучших доступных технологий 275
Раздел 12 Наилучшие доступные технологии 276
12.1 Системы экологического менеджмента 276
12.2 Выбросы в атмосферу 276
12.3 Оптимизация водопотребления и водоотведения 276
12.4 Отходы 277
12.5 Потребление сырья 277
12.6 Энергоэффективность 277
12.7 Технологические показатели НДТ 277
Раздел 13 Перспективные технологии 282
13.1 Перспективные направления в технологии производства цианида натрия 282
13.2 Перспективные направления в технологии производства гидросульфида натрия 282
13.3 Перспективные направления в технологии производства катализаторов 282
13.4 Перспективные направления в технологии производства треххлористого фосфора 283
13.5 Перспективные направления в технологии производства треххлористого бора 283
Заключительные положения и рекомендации 283
Приложение А (обязательное) Перечень маркерных веществ и технологических показателей 284
Приложение Б (обязательное) Перечень НДТ 293
Приложение В (обязательное) Ресурсная и энергетическая эффективность 294
Приложение Г (обязательное) Заключение по наилучшим доступным технологиям 334
Библиография 340

Введение

Настоящий информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям «Производство специальных неорганических химикатов» (далее — справочник НДТ) является документом по стандартизации, разработанным в результате анализа технологических, технических и управленческих решений, применяемых при производстве твердых и других неорганических химических веществ.

Краткое содержание справочника НДТ:

Введение. Представлено краткое содержание справочника НДТ.

Предисловие. Указаны цель разработки справочника НДТ, его статус, законодательный контекст, краткое описание процедуры создания в соответствии с установленным порядком, а также взаимосвязь с аналогичными международными документами.

Область применения. Описаны основные виды деятельности, на которые распространяется действие справочника НДТ.

В **разделе 1** представлена информация о состоянии и уровне развития специальных неорганических химикатов в Российской Федерации. Также в разделе 1 приведен краткий обзор экологических аспектов производства специальных неорганических химикатов.

В **разделах 2–10** представлена информация по производству цианистого натрия, гидросульфида натрия, катализаторов, треххлористого фосфора, гидросульфида натрия, пористой аммиачной селитры, технических солей и реактивов.

В **разделах 11–13** представлены НДТ и информация о перспективных технологиях.

Заключительные положения и рекомендации. Приведены сведения об использованных материалах при подготовке справочника НДТ.

Библиография. Приведен перечень источников информации, использованных при разработке справочника НДТ.

Цели, основные принципы и порядок разработки справочника НДТ установлены постановлением Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2014 г. № 1458 «О порядке определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям». Перечень областей применения наилучших доступных технологий определен распоряжением Правительства Российской Федерации от 24 декабря 2014 г. № 2674-р.

1 Статус документа

Настоящий справочник НДТ является документом по стандартизации.

2 Информация о разработчиках

Справочник НДТ разработан технической рабочей группой «Производство специальных неорганических химикатов» (ТРГ 33), состав которой утвержден приказом Минпромторга России от 03 апреля 2020 г. № 1121.

Справочник НДТ представлен на утверждение Бюро наилучших доступных технологий (далее — Бюро НДТ) (www.burondt.ru).

3 Краткая характеристика

Справочник НДТ содержит описание реализованных на территории Российской Федерации технологических процессов, оборудования, технических способов, методов, в том числе позволяющих снизить негативное воздействие на окружающую среду, водопотребление, повысить энергоэффективность, ресурсосбережение, применяемых при производстве цианистого натрия, гидросульфида натрия, катализаторов, треххлористого фосфора, гидросульфида натрия, пористой аммиачной селитры, технических солей и реактивов, треххлористого бора, диоксида титана, железоокисного пигмента. Из описанных технологических процессов, оборудования, технических способов, методов определены решения, являющиеся наилучшими доступными технологиями (НДТ). Для НДТ в справочнике НДТ установлены соответствующие технологические показатели НДТ.

4 Взаимосвязь с международными, региональными аналогами

При разработке справочника НДТ был использован справочник Европейского союза по НДТ «Производство специальных неорганических химикатов» (Reference Document on Best Available Techniques for the Production of Speciality Inorganic Chemicals) с учетом особенностей производства специальных неорганических химикатов в Российской Федерации.

5 Сбор данных

Информация о технологических процессах, оборудовании, технических способах, методах, применяемых при производстве специальных неорганических химикатов в Российской Федерации, была собрана в процессе актуализации справочника НДТ в соответствии с Порядком сбора и обработки данных, необходимых для разработки и актуализации информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям, утвержденным приказом Минпромторга России от 18 декабря 2019 г. № 4841.

6 Взаимосвязь с другими справочниками НДТ

Взаимосвязь настоящего справочника НДТ с другими справочниками НДТ, разработанными в соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от от 30 апреля 2019 г. № 866-р, приведена в разделе «Область применения».

7 Информация об утверждении, опубликовании и введении в действие

Справочник НДТ утвержден приказом Росстандарта от 23 декабря 2020 г. № 2186.

Справочник НДТ введен в действие с 01 июля 2021 г., официально опубликован в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (www.rst.gov.ru).

8 Взамен ИТС 33-2017

ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК ПО НАИЛУЧШИМ ДОСТУПНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ

ПРОИЗВОДСТВО СПЕЦИАЛЬНЫХ НЕОРГАНИЧЕСКИХ ХИМИКАТОВ

Production of specialty inorganic chemicals

Дата введения — 2021-07-01

Область применения

Настоящий справочник НДТ распространяется на следующие основные виды деятельности:

– процессы производства цианистого натрия;
– процессы производства гидросульфида натрия;
– процессы производства катализаторов;
– процессы производства треххлористого фосфора;
– процессы производства специальных видов аммиачной селитры (пористой и водоустойчивой);
– процессы производства технических солей и реактивов;
– процессы производства треххлористого бора;
– процессы производства диоксида титана;
– процессы производства железоокисного пигмента как побочного продукта производства диоксида титана.

Справочник НДТ также распространяется на следующие процессы, связанные с основными видами деятельности, которые могут оказать влияние на объемы эмиссий или масштабы загрязнения окружающей среды:

– хранение и подготовка сырья;
– хранение и подготовка топлива;
– производственные процессы;
– методы предотвращения и сокращения эмиссий, образования и размещения отходов;
– хранение и подготовка продукции.

Вопросы обеспечения промышленной безопасности и охраны труда частично рассматриваются только в тех случаях, когда оказывают влияние на виды деятельности, включенные в область применения настоящего справочника НДТ.

Дополнительные виды деятельности, осуществляемые при производстве специальных неорганических химикатов, и соответствующие им справочники НДТ, определенные распоряжением Правительства РФ от 31 октября 2014 г. № 2178-р, приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Дополнительные виды деятельности при производстве специальных неорганических химикатов и соответствующие им справочники НДТ

Вид деятельности	Наименование соответствующего справочника НДТ
Очистка выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух	ИТС 22—2016 «Очистка выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух при производстве продукции (товаров), а также при проведении работ и оказании услуг на крупных предприятиях»
Очистка и утилизация сточных вод	ИТС 8—2015 «Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях»
Утилизация и обезвреживание отходов	ИТС 15—2016 «Утилизация и обезвреживание отходов (кроме обезвреживания термическим способом (сжигание отходов))»
Размещение отходов	ИТС 17—2016 «Размещение отходов производства и потребления»
Хранение и складирование товаров (материалов)	ИТС 46—2019 «Сокращение выбросов загрязняющих веществ, сбросов загрязняющих веществ при хранении и складировании товаров (грузов)»
Системы охлаждения	ИТС 20—2016 «Промышленные системы охлаждения»
Использование энергии и энергоресурсов	ИТС 48—2017 «Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности»
Обращение со сточными водами и выбросами	ИТС 47—2017 «Системы обработки (обращения) со сточными водами и отходящими газами в химической промышленности»
Осуществление производственного экологического контроля	ИТС 22.1—2016 «Общие принципы производственного экологического контроля и его метрологического обеспечения»

Сфера распространения настоящего справочника НДТ приведена в таблице 2.

Таблица 2 — Сфера распространения ИТС НДТ

ОКПД 2	Наименование продукции по ОК 034–2014 (ОКПД 2)	Наименование вида деятельности по ОКВЭД 2	ОКВЭД 2
		Производство прочих основных неорганических химических веществ	20.13
20.12.11.130	Оксиды титана		
20.12.1	Оксиды, пероксиды и гидроксиды металлов		
20.13.22.000	Соединения неметаллов с галогенами или серой		
20.13.41	Сульфиды, сульфиты и сульфаты		

Окончание таблицы 2

ОКПД 2	Наименование продукции по ОК 034–2014 (ОКПД 2)	Наименование вида деятельности по ОКВЭД 2	ОКВЭД 2
20.13.62	Цианиды, цианидоксиды и комплексные цианиды; фульминаты, цианаты и тиоцианаты; силикаты; бораты; пербораты; прочие соли неорганических кислот или пероксикислот		
		Производство прочих химических продуктов, не включенных в другие группировки	20.59
20.59.52.194	Реактивы химические общелабораторного назначения		
20.59.56.150	Катализаторы, не включенные в другие группировки		
		Производство удобрений и азотных соединений	20.15
20.15.33.000	Нитрат аммония		

Раздел 1 Общая информация об отрасли химической промышленности

Химическая промышленность является одной из важнейших базовых отраслей современной экономики. Ее продукция включает в себя более 70 тыс. наименований и широко используется для производства потребительских товаров, а также в таких отраслях экономики, как сельское хозяйство, обрабатывающая промышленность, строительство и сфера услуг. Кроме того, более 25% химикатов потребляется внутри самой химической отрасли.

Химический комплекс характеризуется высокими темпами роста, опережающими развитие мировой экономики. В прогнозном периоде до 2030 г. среднегодовой темп роста химического комплекса составит более 4,4%, при этом среднегодовой темп роста мирового валового внутреннего продукта (ВВП) за указанный период ожидается на уровне 3%. Таким образом, к 2030 г. суммарный рост химического комплекса на 28% превысит рост мирового ВВП.

К химической промышленности относятся:

– базовые химикаты;

– продукты жизнеобеспечения;

– специальные химикаты;

– потребительские товары.

Специальные химикаты представляют собой продукты узконаправленного применения с относительно высокой добавленной стоимостью и являются достаточно быстроразвивающимся инновационным сегментом химической промышленности с дифференцированным конечным рынком сбыта. Темпы роста этого сегмента в среднем в 1,5–3 раза превышают темпы роста мирового ВВП. Данные товары ценятся на рынке за их особые функциональные качества. К ним относятся электронные химикаты (предназначенные для электронных приборов и оборудования), клеи, различные защитные покрытия, промышленные чистящие химикаты — абразивы, пигменты, катализаторы. Специальные химические продукты называют также тонкими химикатами.

Специализированные неорганические химические вещества, как правило, производятся в меньших объемах и продаются с более высоким коэффициентом прибыли. Данные вещества имеют тенденцию быть более ориентированными на потребителя и меньше подвержены циклическому спросу.

Еще одним смысловым фактором отнесения веществ к специализированным могут являться индивидуальность и уникальность производства, потенциальная опасность производимой продукции и используемых сырьевых компонентов.

Раздел 2 Производство цианидов

Цианистый натрий (цианид натрия, химическая формула NaCN) изготавливают в виде белых или слабоокрашенных брикетов со средним размером 38 × 36 × 20 мм и массой около 18 г (высший сорт); белые или слабоокрашенные брикеты, смесь деформированных, ломаных брикетов (первый сорт) по [1]. Цианистый калий (цианид калия (KCN)) изготавливают в виде белых или слабоокрашенных кристаллов с наличием комков по [2].

Цианиды натрия и калия применяются:

– в золотодобывающей промышленности для извлечения золота из руды методом выщелачивания;

– в процессах цианирования стали для повышения поверхностной твердости, износостойкости и усталостной прочности стальных изделий;

– как цианирующий агент в производстве нитрилов, изонитрилов, красителей;

– в производстве фармацевтических препаратов.

Цианистый натрий получают нейтрализацией синильной кислоты щелочью с последующей фильтрацией и сушкой осадка:

$$HCN + NaOH \rightarrow NaCN + H_2O.$$

2.1 Описание технологических процессов, используемых в производстве цианида натрия

Промышленный способ получения цианида натрия основан на реакции нейтрализации, в результате которой при взаимодействии синильной кислоты и едкого натра образуются цианистый натрий и вода.

Основные этапы технологии:

– прием сырья;

– абсорбция;

– синтез и кристаллизация;

– фильтрация и сушка;

– брикетировка и упаковка;

– дегазация цианистых соединений.

Технологическая схема производства приведена на рисунке 2.1.

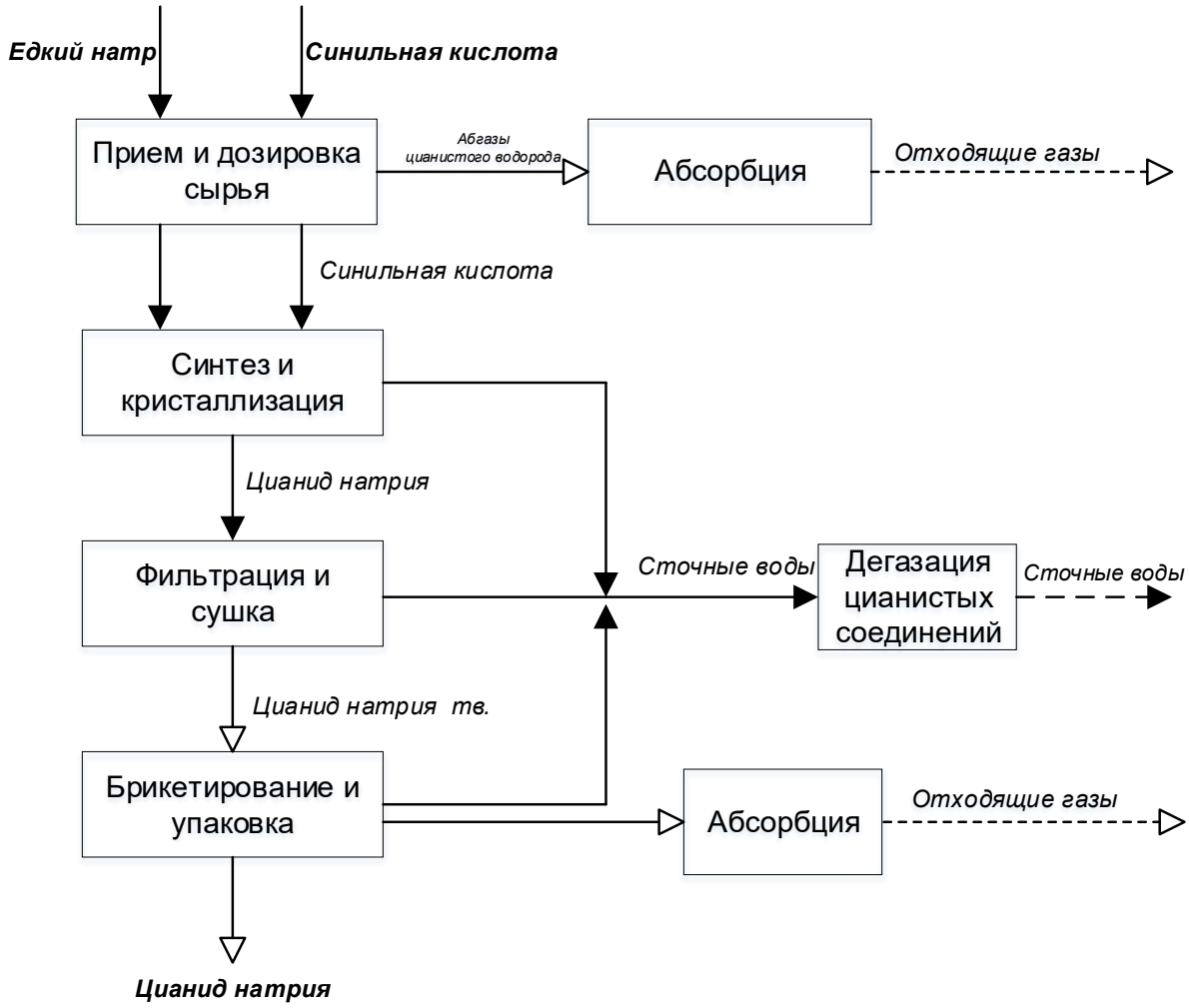


Рисунок 2.1 — Принципиальная схема получения цианида натрия

Сырьем для получения брикетированного цианида натрия являются синильная кислота и едкий натр. Синильная кислота по трубопроводу передается на участок приема и дозировки сырья, откуда посредством передавливания азотом подается на стадию кристаллизации. В процессе приема и передачи синильной кислоты образуются абгазы цианистого водорода, которые абсорбируются в скрубберах 0,5% – 1% водно-щелочным абсорбентом.

Едкий натр с массовой долей не менее 46% поступает по трубопроводу на участок приема и дозировки сырья, откуда насосом подается в верхнюю часть кристаллизатора. Синильная кислота подается в циркуляционный контур кристаллизатора через специальное дозирующее устройство. Расход раствора едкого натра в кристаллизатор должен превышать расход синильной кислоты в 3,21 раза.

Кристаллизатор предназначен для проведения реакции нейтрализации с образованием суспензии цианистого натрия (маточного раствора). В результате испарения воды происходит образование кристаллов соли, размер которых постоянно увеличивается до заданного среднего размера. Реакция в кристаллизаторе происходит при температуре 63 °С – 70 °С и под вакуумом 8,2–9,0 кПа.

Полученный маточный раствор отводится из циркуляционного контура кристаллизатора на барабанный вакуумный фильтр, где происходят выделение из маточного раствора кристаллического цианистого натрия и его сушка. Осушение выделенного цианистого натрия происходит посредством подачи горячего сушильного воздуха, подогретого в газовой горелке до температуры 350 °С.

Осушенный цианид натрия из барабанного вакуумного фильтра подается в компактор, где кристаллы цианистого натрия спрессовываются в брикеты. Спрессованный цианид натрия далее направляется в барабанное сито для сглаживания брикетов и отделения от них пыли и обломков, откуда попадает в сборник и далее на упаковку.

Образовавшиеся в процессе получения брикетированного цианида натрия абгазы синильной кислоты и пыль цианида натрия абсорбируются в скрубберах. Скруббер первой ступени очистки предназначен для предварительной очистки и обеспыливания загрязненного воздуха путем подачи абсорбента — конденсата или химобессоленной воды в противотоке поступающему газу. Скруббер второй ступени очистки предназначен для окончательной очистки и обеспыливания загрязненного воздуха путем впрыска водно-щелочного раствора (абсорбента) в противоток поступающему газу.

Образовавшиеся сточные воды поступают на стадию сбора циансодержащих сточных вод, где в процессе перекачки и перемешивания усредняются и передаются на локальную гипохлоритную очистку.

Описание технологического процесса приведено в таблице 2.1, перечень основного оборудования — в таблицах 2.2–2.3.

Таблица 2.1 — Описание технологического процесса производства цианида натрия

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Синильная кислота Едкий натр	Прием и дозировка сырья	Синильная кислота Едкий натр	Цианистый водород	Емкостное оборудование	
Синильная кислота Едкий натр	Синтез и кристаллизация	Цианид натрия жидкий	Диоксид азота, оксид азота, цианистый водород Сточные воды на стадию дегазации	Кристаллизаторы	

Окончание таблицы 2.1

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Цианид натрия жидкий	Фильтрация и сушка	Цианид натрия твердый	Сточные воды на стадию дегазации	Нагреватель технических газов, барабанные вакуум-фильтры	
Цианид натрия твердый	Брикетировка и упаковка	Упакованный цианид натрия	Цианистый водород Сточные воды на стадию дегазации	Брикетировочная машина, барабанное сито с транспортировочным шнеком	
Абгазы цианистого водорода	Абсорбция абгазов цианистого водорода		Отходящие газы		Скруббер
Абгазы синильной кислоты	Абсорбция абгазов синильной кислоты		Отходящие газы		Скрубберы
Сточные воды	Дегазация цианистых соединений		Сточные воды на очистные сооружения	Емкостное оборудование	

Таблица 2.2 — Перечень основного технологического оборудования производства цианида натрия

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Емкость хранения синильной кислоты	Прием и хранение сырья	Горизонтальный цилиндрический аппарат с эллиптическим днищем снабжен охлаждающей рубашкой. Вместимость — 20 м^3. Давление — 0,6 МПа
Кристаллизаторы	Проведение реакции нейтрализации с образованием суспензии NaCN	Вертикальный цилиндрический аппарат, две тарелки, каплеотделитель, температура — 100 °С — 120 °С, вместимость — 20 м^3

Окончание таблицы 2.2

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Нагреватель технических газов	Нагрев воздуха для сушки NaCN	Газовая горелка, вентилятор, топочная камера, теплообменник. Температура нагрева — 50 °С — 400 °С
Барабанные вакуум-фильтры	Фильтрация NaCN	Герметичное исполнение, поворотное перемешивающее устройство, транспортировочный шнек с двойными лопастями, площадь фильтрующей поверхности — 10 м^2, рабочее давление — 0,04 МПа, частота вращения барабана — 0,2–2 об/мин, частота вращения транспортировочного шнека — 206 об/мин
Брикетировочная машина	Брикетирование NaCN	Диаметр волков — 520 мм, рабочая ширина — 160 мм, частота вращения валков — (5–15–27) мин$^{-1}$, усилие гидравлического пресса — 750 кН, частота вращения шнека — (15–86–149) мин$^{-1}$
Барабанное сито с транспортировочным шнеком	Сглаживание брикетов, отделение пыли и обломков	Сито барабанного типа, снабженное транспортировочным шнеком. Размер ячейки сита — 10 мм, толщина нити сита — 2,5 мм, частота вращения барабана — 27 об/мин, частота вращения шнека — 64 об/мин, рабочая температура — 110 °С
Емкости сбора сточных вод	Сбор сточных вод	Горизонтальные цилиндрические аппараты, снабженные наружными змеевиками обогрева, рабочее давление атмосферное, расчетное давление — 0,2 МПа, рабочая температура — 10 °С — 100 °С, диаметр — 2800–3000 мм, вместимость — 47–53 м^3
Емкости для приема стоков	Прием стоков	Цилиндрические вертикальные резервуары вместимостью 400 м^3

Таблица 2.3 — Природоохранное оборудование производства цианида натрия

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Скрубберы	Абсорбция абгазов	Вертикальные цилиндрические аппараты, диаметр — 800 мм, высота — 6280 мм, давление — 0,07 МПа, насадка — керамические кольца Паля 25 х25 х3 мм

2.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду

Нормы расходов материальных и энергетических ресурсов приведены в таблице 2.4

Таблица 2.4 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве цианида натрия

Наименование ресурсов	Единица измерения	Расход	
		Минимальный	Максимальный
Натр едкий	кг/т	824	829
Синильная кислота	кг/т	554	555
Электрическая энергия	кВт·ч/т	249	335
Тепловая энергия	Гкал/т	1,35	1,86
Природный газ	$м^3$/т	39	40

Характеристика выбросов, сбросов, образующихся при производстве цианида натрия, приведена в таблицах 2.5–2.6.

Таблица 2.5 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве цианида натрия

Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ, кг/т цианида натрия		
		Исходное сырье: природный газ		
		Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее значение
Азота диоксид	Абсорбция	–	0,0445	–
Азота оксид	Абсорбция	–	0,0611	–
Аммиак	Абсорбция	0,0154	0,0826	0,049
Водород цианистый	Абсорбция	0,0075	0,0186	0,0130

Таблица 2.6 — Сбросы при производстве цианида натрия

Наименование загрязняющего вещества	Направление сбросов	Показатели сбросов загрязняющих веществ, кг/т цианида натрия		
		Исходное сырье: природный газ		
		Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее значение
Цианид-анион	Технологические сточные воды поступают на стадию сбора циансодержащих сточных вод, где в процессе перекачки и перемешивания усредняются и передаются на локальную гипохлоритную очистку	0,0125	0,019	0,016

Раздел 3 Производство гидросульфида натрия

Гидросульфид натрия выпускается промышленностью в кристаллической форме или (наиболее часто) в виде водного раствора.

Гидросульфид натрия применяют главным образом в цветной металлургии при обогащении руд цветных металлов методом флотации. Во флотационных процессах он является реагентом-регулятором при обогащении медных, свинцовых, цинковых, молибденовых и сурьмяносодержащих руд.

В кожевенной промышленности он используется как компонент состава для удаления наружного слоя шкур.

Также он применяется как сырье в химической промышленности (для производства этилмеркаптана, бутифоса, красителей).

В текстильной промышленности его применяют при производстве искусственного шелка. Также гидросульфид натрия — это отбеливатель для хлопка, льна, рейона и нейлона.

3.1 Описание технологических процессов, используемых в производстве гидросульфида натрия

Промышленный способ получения раствора гидросульфида натрия — нейтрализация раствора гидроксида натрия газообразным сероводородом. Принципиальная схема производства данного продукта приведена на рисунке 3.1.

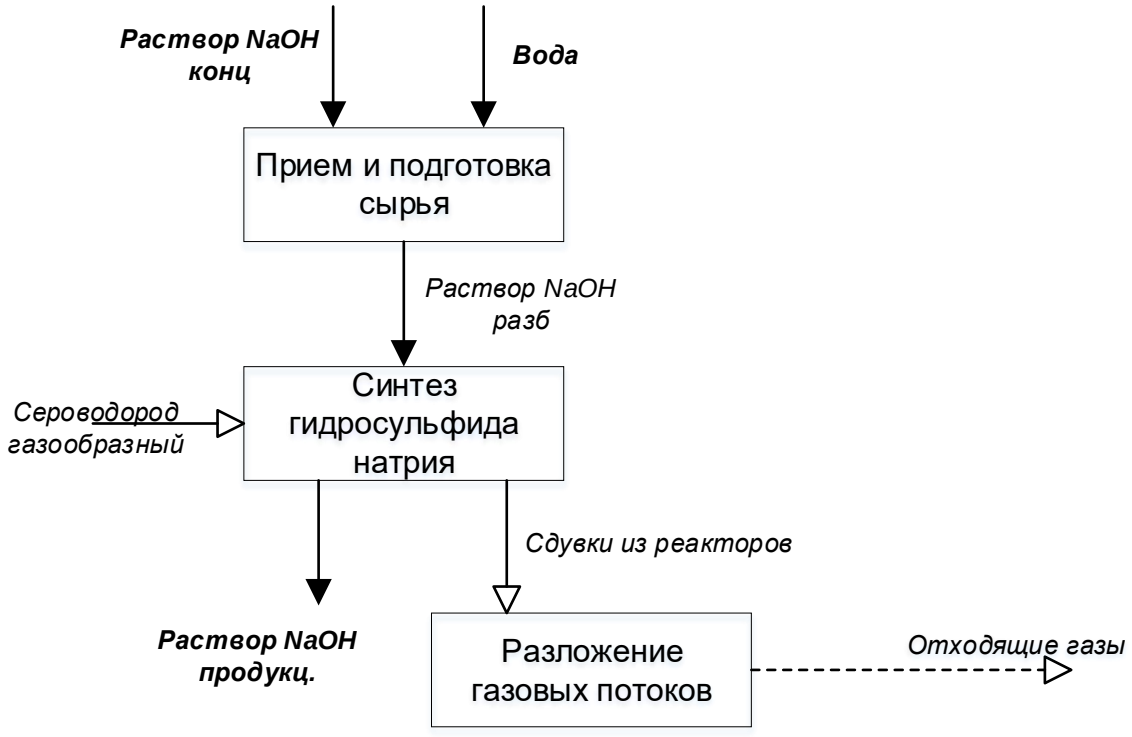


Рисунок 3.1 — Принципиальная схема получения гидросульфида натрия

Концентрированный раствор гидроксида натрия из железнодорожных цистерн или контейнеров сливается в хранилища склада сырья. Из хранилищ склада концентрированный раствор подается насосом на стадию приготовления разбавленного раствора гидроксида натрия.

Для приготовления разбавленного раствора гидроксида натрия в емкости стадии принимается расчетное количество концентрированного раствора гидроксида натрия и технической воды, затем ведется циркуляция раствора в емкости при помощи насоса. Приготовленный разбавленный раствор гидроксида натрия подается на стадию синтеза гидросульфида натрия.

Синтез осуществляется путем взаимодействия раствора гидроксида натрия с газообразным сероводородом. Разбавленный раствор гидроксида натрия поступает в верхнюю часть абсорбционной колонны, вертикального колонного аппарата, заполненного насадкой из колец Рашига. Из колонны раствор стекает в горизонтальный сборник, из сборника насосом подается в реактор. Реактор представляет собой вертикальный кожухо-трубчатый теплообменный аппарат, межтрубное пространство которого заполнено раствором, а в трубное пространство подается в качестве хладагента оборотная вода. В нижнюю часть межтрубного пространства реактора подается сероводород. Двигаясь в противотоке, раствор и сероводород реагируют с образованием гидросульфида натрия. Раствор гидросульфида натрия с температурой не более 80 °С отводится из реактора через гидрозатвор в сборник готового продукта и затем подается насосом в хранилища склада готовой продукции. Часть раствора из горизонтального сборника подается в скруббер, где реагирует с сероводородом, образовавшаяся реакционная масса охлаждается оборотной водой в теплообменнике и возвращается в горизонтальный сборник.

Азотное дыхание сборников, сдувки из реактора отводятся в нижнюю часть абсорбционной колонны для улавливания сероводорода, газовый поток из верхней части абсорбционной колонны поступает в каплеотбойник и затем подается на стадию термического разложения газовых потоков в печи. Описание технологического процесса по стадиям приведено в таблице 3.1.

Таблица 3.1 — Описание технологического процесса получения гидросульфида натрия

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Продукты и полупродукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Концентрированный раствор гидроксида натрия, техническая вода	Прием и подготовка сырья	Разбавленный (технологический) раствор гидроксида натрия		Складские емкости, емкость разбавления раствора гидроксида натрия	

Окончание таблицы 3.1

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Продукты и полупродукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Разбавленный раствор гидроксида натрия, газообразный сероводород	Синтез гидросульфида натрия	Продукционный раствор гидросульфида натрия, сдувки из реакторов		Изотермический реактор (кожухотрубчатый теплообменник), абсорбционная колонна, скруббер	
Сдувки из реакторов и газы дыхания емкостей	Термическое разложение газовых потоков		Отходящие газы	Печь	
Продукционный раствор гидросульфида натрия	Хранение и розлив готовой продукции	Продукционный раствор гидросульфида натрия		Складские емкости, установка розлива в тару	

3.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при производстве гидросульфида натрия

Нормы расходов материальных и энергетических ресурсов приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 — Нормы расходов материальных и энергетических ресурсов при производстве гидросульфида натрия

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Раствор гидроксида натрия (в пересчете на едкий натр 100%)	кг/т	–	729,7
Сероводород	кг/т	–	610,0
Вода техническая	кг/т	–	805,2
Электроэнергия	кВт·час/т	–	38,1
Пар	Гкал/т	–	0,19
Вода оборотная	$м^3$/т	–	10,81
Азот	н.$м^3$/т	–	36,93
Воздух сжатый	н.$м^3$/т	–	14,04
Газ природный	тыс. н.$м^3$/т	–	9,28

Характеристика выбросов, образующихся при производстве гидросульфида натрия, приведена в таблице 3.3. Сточных вод, содержащих исходные вещества, полупродукты или продукты процесса при производстве гидросульфида натрия, не образуется. Отходы зачистки оборудования производства гидросульфида натрия вывозятся на полигон захоронения промышленных отходов.

Таблица 3.3 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве гидросульфида натрия

Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ, кг/т		
		Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее значение
Сероводород	Термическое окисление сероуглерода и сероводорода до диоксида серы	–	0,043	–
Сероуглерод		–	0,012	–
Серы диоксид		–	2,72	–

Раздел 4 Производство катализаторов

4.1 Общая информация

Современное химическое производство в основной своей массе основано на катализе. Применение катализаторов позволяет осуществлять промышленно важные химические реакции с высокой эффективностью в приемлемых условиях.

В настоящем справочнике НДТ рассматривается производство твердых гетерогенных катализаторов для процессов нефтепереработки, нефтехимии, газоочистки и неорганического синтеза, которые производятся на российских предприятиях (см. таблицу 4.1).

Большинство твердых промышленных катализаторов представляют собой частицы, распределенные в порах инертных носителей. Нанесенные катализаторы получают двумя основными методами: введением активной фазы в предварительно подготовленный носитель путем пропитки; соосаждением каталитически активного материала и носителя. Также практикуется получение твердых катализаторов по замесной технологии. Данные катализаторы получают смешением активных компонентов. В качестве носителей наиболее часто применяют оксиды алюминия, кремния, титана, магния, цинка, циркония, алюмосиликаты, активированный уголь. Особое место среди гетерогенных катализаторов занимают катализаторы на основе цеолитов.

Таблица 4.1 — Производство основных катализаторов нефтепереработки, нефтехимии, неорганического синтеза и очистки технологических газов в России

Назначение катализатора		Тип (компоненты) катализатора
Нефтепереработка	Изомеризация	Pt на цирконийсодержащем носителе Pt на носителе — активном оксиде алюминия Pt на цеолитсодержащем носителе
	Гидроочистка бензина	Ni-Co-Mo-W на носителе — активном оксиде алюминия Ni-Mo на носителе — активном оксиде алюминия
	Гидроочистка средних дистиллятов	
	Гидроочистка вакуумного газойля	
	Гидрокрекинг	Co-Mo на цеолитсодержащем носителе Ni-Mo на цеолитсодержащем носителе Ni-Mo на носителе — активном оксиде алюминия
	Гидродепарафинизация	Mo на цеолитсодержащем носителе Ni-Mo на цеолитсодержащем носителе
	Каталитический риформинг	Pt-Re композиция на носителе — активном оксиде алюминия
	Каталитический крекинг	Микросферический цеолитсодержащий
		Шариковый цеолитсодержащий
	Селективное окисление сероводорода	Al_2O_3
	Цеолиты	KA, NaA, CaA, NaX
		Бета, ЦВМ, ЦВН
Нефтехимия	Дегидрирование углеводородов С4-С5	Микросферический Cr/Al_2O_3
	Оксихлорирование этилена	$CuCl_2/Al_2O_3$
	Полимеризация этилена	Хромоцен на силикагеле Силилхромат на силикагеле
	Синтез метанола	Zn-Cr, Zn-Cu
	Селективное гидрирование (очистка от этилена и дивинила)	Pd на углеродсодержащем носителе Pd на носителе — оксиде алюминия
	Гидрирование бензола	Pd, Ni, Cr на носителе — активном оксиде алюминия
Неорганический синтез	Конверсия углеводородов в синтез-газ	Ni/Al_2O_3
	Низкотемпературная конверсия CO	Zn-Cu
	Среднетемпературная конверсия CO	Fe-Cr-Cu; Fe-Cr
	Окисление NH_3 до NO	Fe-Cr
Очистка технологических газов	Очистка отходящих газов от CO и ЛОС	Pt, Pd, Ni, Cr, Cu/Al_2O_3
	Очистки от NO_x отходящих газов	Pd/Al_2O_3
	Окисление SO_2 в производстве серной кислоты	V/SiO_2, промотированный пиросульфатами K, Na, Cs

4.2 Описание технологических процессов, используемых в производстве катализаторов

4.2.1 Основные стадии производства катализаторов

В общем случае производство катализаторов включает получение исходных твердых материалов (например, геля гидроокиси алюминия, солей металлов), выделение веществ, являющихся активным компонентом (например, термическим разложением, выщелачиванием), изменение состава катализатора в реакционной среде (например, сульфидирование, восстановление). К наиболее характерным операциям при синтезе катализаторов методом соосаждения относятся: дробление, помол, растворение, соосаждение, фильтрование, промывка осадка, формовка, сушка, прокаливание. Некоторые типы катализаторов требуют проведения стадий ионного обмена, пропитки, введения связующего.

Растворение и соосаждение

В процессе соосаждения образуется твердая фаза в результате взаимодействия растворов исходных компонентов. Характер осадка зависит от температуры осаждения, pH среды, исходного состава раствора, интенсивности перемешивания, условий введения осадителя. Растворение и соосаждение, как правило, проводят в аппаратах периодического действия с перемешивающими устройствами и теплообменными элементами.

Пропитка

В процессе пропитки пористый носитель пропитывают раствором солей металлов (например, нитратов, ацетатов, карбонатов), анионы которых удаляют на последующих стадиях термообработки. В производстве катализаторов применяют различные способы пропитки: окунание, опрыскивание, с упариванием раствора, расплавом солей. Пропитку проводят в сушильно-пропиточных аппаратах, барабанных пропитывателях, конвейерных пропиточных машинах.

В настоящее время соосажденные катализаторы выпускаются редко, наиболее распространены полученные по пропитной (пропитка носителя растворами активных компонентов) или замесной (смешение активных компонентов со связующим или без него) технологии.

Фильтрование

Фильтрование суспензий проводят с применением барабанных вакуум-фильтров, рамных фильтр-прессов, автоматических камерных фильтр-прессов. В малотоннажных производствах применяют нутч-фильтры. Выбор фильтра зависит от среднего размера частиц суспензии, содержания твердой фазы, вязкости жидкой фазы, а также от требований к влагосодержанию осадка, температуры фильтрования, производительности.

Промывка осадка

Для удаления растворенных в фильтрате или адсорбированных на поверхности осадка нежелательных компонентов применяют промывку осадка на фильтре или репульпационную промывку с повторением фильтрования. Промывку крупнозерновых

осадков с размером частиц более 50 мкм проводят в одну или несколько ступеней непосредственно на фильтре промывной жидкостью либо разделением суспензии после смешения осадка с промывной жидкостью. Мелкодисперсные суспензии с размером частиц менее 20 мкм промывают на отдельном оборудовании с разрушением структуры осадка.

Формовка

В производстве катализаторов распространено два способа формовки: сухая (таблетирование, гранулирование измельченного до тонкодисперсного состояния прокаленного материала) и влажная (экструзия, таблетирование, гранулирование, распылительная сушка влажного осадка). Способы формовки в значительной мере определяют механическую прочность катализатора. Для формовки применяют дисковые грануляторы, прессы, ножевые устройства, шнековые машины, сушильно-формовочные машины, таблеточные роторные машины, устройства для уплотнения порошков, аппараты для нанесения покрытий.

Сушка

На стадии сушки удаляется влага, содержащаяся в суспензии (пасте, влажном материале) после фильтрования и промывки. Сушку проводят в распылительных сушилках, сушилках с кипящим слоем, ленточного, шахтного, барабанного, туннельного типов. В малотоннажных производствах применяют камерные сушилки периодического действия.

Прокаливание

При прокаливании за счет термической диссоциации гидроксидов, солей металлов образуется активная фаза катализатора. Условия прокаливания определяют удельную поверхность и средний размер пор. Термообработку проводят в прокалочных печах шахтного, туннельного, барабанного типов, в печах с кипящим слоем. Обогрев осуществляют непосредственно топочными газами, либо применяют печи непрямого нагрева. В малотоннажных производствах применяют камерные электрические печи сопротивления.

4.2.2 Производство алюмоникелевых катализаторов конверсии метана и углеводородных газов

Алюмоникелевые катализаторы конверсии метана и углеводородных газов производятся методом пропитки. Технологическая схема производства приведена на рисунке 4.1, описание технологического процесса — в таблице 4.2, перечень основного оборудования — в таблицах 4.3–4.4.



Рисунок 4.1 — Принципиальная схема производства алюмоникелевых катализаторов конверсии метана и углеводородных газов

Таблица 4.2 — Описание технологического процесса производства алюмоникелевых катализаторов конверсии метана и углеводородных газов

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Глинозем Древесная мука Каолин обогащенный	Помол исходного сырья	Сырье		Шаровая мельница	
Азотная кислота	Приготовление раствора пептизатора	Раствор пептизатора			
Сырье со стадии помола Пептизатор Графит	Приготовление замеса, формовка, провяливание носителя	Носитель		Смесительная машина, формовочная машина	

Окончание таблицы 4.2

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Носитель Воздух сжатый осушенный *Газ сухой*	Прокалка носителя	Носитель		Топка горизонтальная Шахтная печь	
Азотнокислая соль калия, магния, алюминия, никеля	Приготовление пропиточного раствора	Пропиточный раствор		Аппарат для пропитки, сушки, прокалки	
Носитель со стадии прокалки Пропиточный раствор, воздух осушенный *Газ сухой*	Пропитка носителя и термообработка катализатора	Продукт на затаривание, хранение и отгрузку	Дымовые газы NO_x, углерода оксид	Аппарат для пропитки, сушки, прокалки	
Дымовые газы со стадий прокалки носителя и термообработки катализатора Натр едкий технический	Абсорбция нитрозных газов	—	NO_x, углерода оксид		Колонна абсорбционная

Таблица 4.3 — Основное технологическое оборудование производства алюмоникелевых катализаторов конверсии метана и углеводородных газов

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Шаровая мельница	Помол сырья	Производительность — 0,6 т в сутки
Смесительная машина	Приготовление замеса	Рабочая емкость — 0,25 м^3, производительность — 1,56 т в сутки
Формовочная машина	Формовка замеса	Производительность — 60 кг/ч
Топка горизонтальная	Прокалка носителя	Диаметр — 1,4 м, длина — 1,67 м
Шахтная печь	Прокалка носителя	9400 х 3650 х 3570 мм
Аппарат для пропитки, сушки, прокалки	Пропитка носителя и термообработка после пропитки	Объем — 3,5 м^3

Таблица 4.4 — Природоохранное оборудование производства алюмоникелевых катализаторов конверсии метана и углеводородных газов

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Колонна абсорбционная	Абсорбция нитрозных газов	Диаметр — 1,4 м, высота — 20 м, кольца Рашига

4.2.3 Производство алюмопалладиевых катализаторов

Алюмопалладиевые катализаторы производятся пропиткой алюмооксидного носителя раствором соединения палладия. Технологическая схема производства приведена на рисунке 4.2, описание технологического процесса — в таблице 4.5, перечень основного оборудования — в таблицах 4.6–4.7.

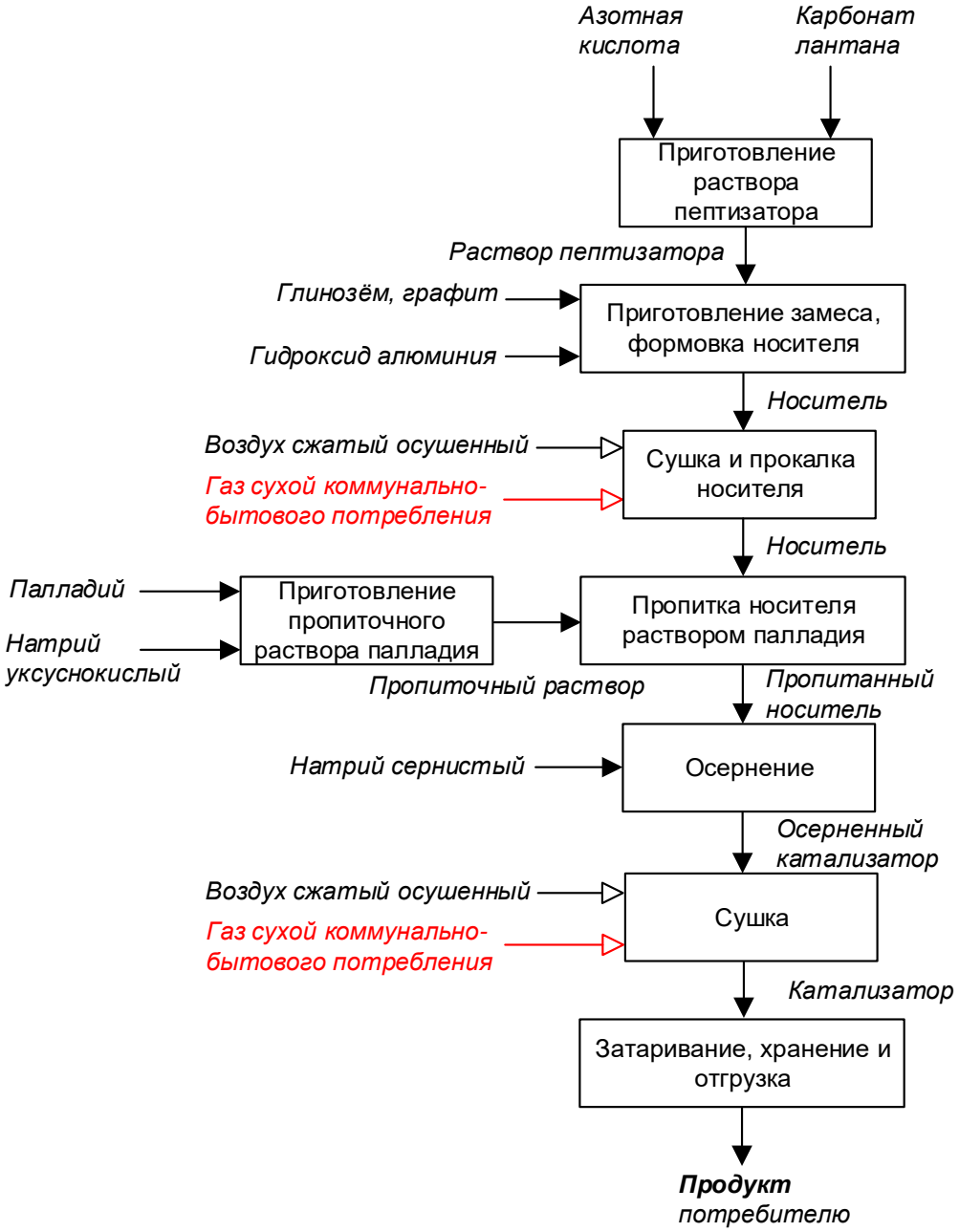


Рисунок 4.2 — Принципиальная схема производства алюмопалладиевых катализаторов

Таблица 4.5 — Описание технологического процесса производства алюмопалладиевых катализаторов

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Азотная кислота Карбонат лантана	Приготовление пептизатора	Пептизатор	—		
Гидроксид алюминия Глинозем, графит	Приготовление замеса, формовка носителя	Носитель	Диалюминий триоксид		
Носитель *Воздух сжатый осушенный* *Газ сухой коммунально-бытового потребления*	Сушка и прокалка носителя	Носитель	Диалюминий триоксид	Сушилка Топка Шахтная печь	
Химическое соединение палладия Натрий уксуснокислый	Приготовление пропиточного раствора палладия	Пропиточный раствор палладия	—		
Пропиточный раствор палладия Носитель	Пропитка носителя раствором палладия	Носитель, пропитанный раствором палладия	—	Пропитыватель	
Натрий сернистый Катализатор	Осернение катализатора	Осерненный катализатор	—	Пропитыватель	
Катализатор *Воздух сжатый осушенный,* *Газ сухой коммунально-бытового потребления*	Сушка катализатора	Катализатор (готовый продукт)	NOx Углерода оксид	Аппарат сушки	

Таблица 4.6 — Основное технологическое оборудование производства алюмопалладиевых катализаторов

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Формовочная машина	Формовка носителя	Производительность — 40 кг/ч
Шахтная печь	Прокалка носителя	9400 × 3650 × 3570 мм
Топки	Прокалка носителя, сушка катализатора	Диаметр — 1,4–1,6 м
Сушилка	Сушка носителя	Диаметр — 1,2 м, высота — 2,5 м, конусное дно из нержавеющей стали
Аппарат сушки	Сушка катализатора	Диаметр — 1,2 м, высота — 3,2 м
Пропитыватель	Пропитка носителя	Диаметр — 700 мм, высота — 1000 мм

Таблица 4.7 — Природоохранное оборудование производства алюмопалладиевых катализаторов

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Колонна абсорбционная	Абсорбция газов	Диаметр — 1,4 м, высота — 20 м, кольца Рашига

4.2.4 Производство алюмоплатиновых (платино-рениевых) катализаторов на основе активного оксида алюминия

Алюмоплатиновые катализаторы на основе активного оксида алюминия производятся методом пропитки. Технологическая схема производства приведена на рисунке 4.3 описание технологического процесса — в таблице 4.8, перечень основного оборудования — в таблицах 4.9–4.10.

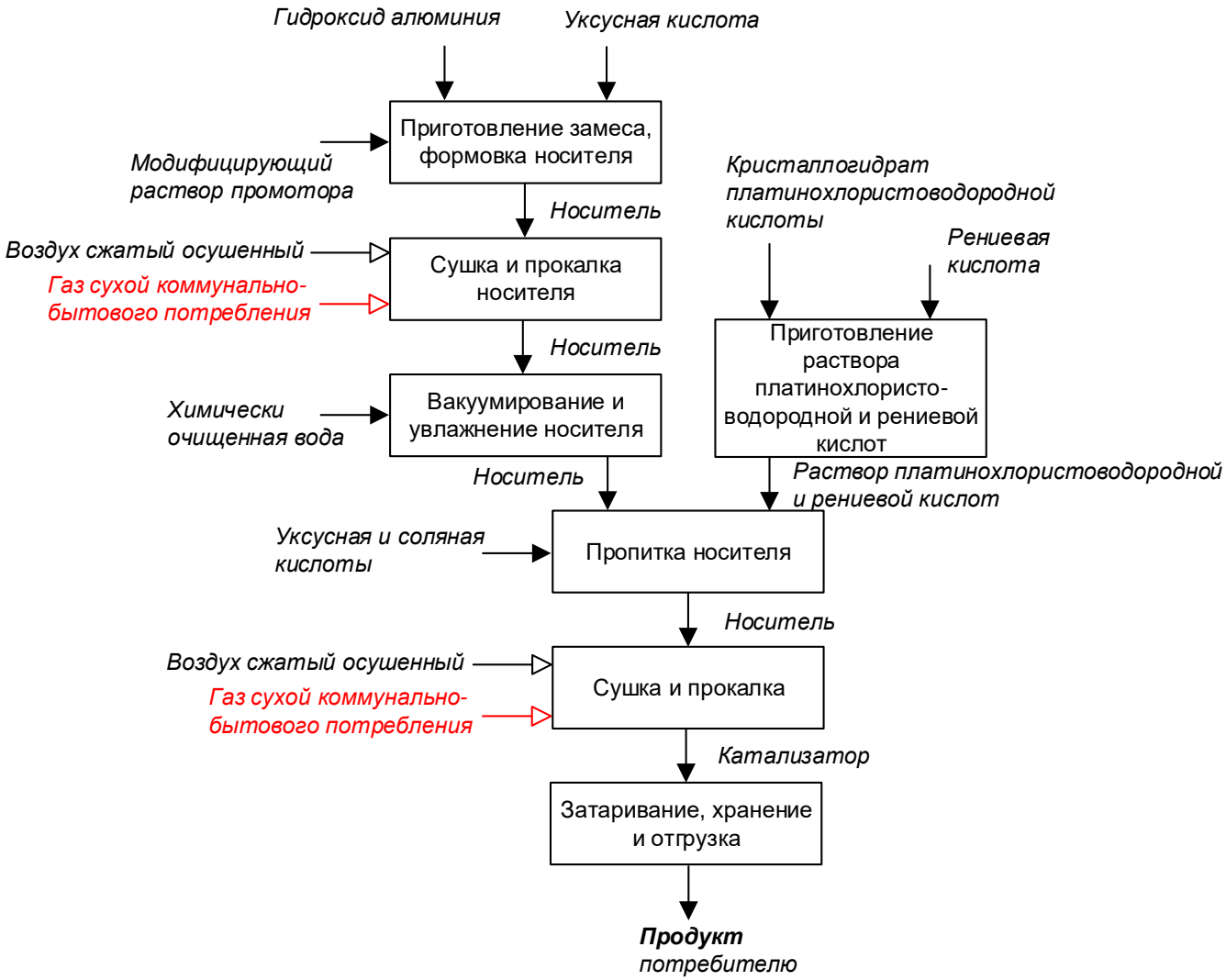


Рисунок 4.3 — Принципиальная схема производства алюмоплатиновых катализаторов на основе активного оксида алюминия

Таблица 4.8 — Описание технологического процесса производства алюмоплатиновых катализаторов на основе активного оксида алюминия

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Гидроксид алюминия Уксусная кислота Модифицирующий раствор промотора	Приготовление замеса, формовка носителя	Носитель	Диалюминий триоксид	Емкостное оборудование	

Окончание таблицы 4.8

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Носитель *Воздух сжатый осушенный* *Газ коммунально-бытового потребления*	Сушка и прокалка носителя	Носитель	Диалюминий триоксид	Топка, аппарат сушки (сушилка)	
Кристаллогидрат платинохлористоводородной кислоты Рениевая кислота	Приготовление раствора платинохлористоводородной и рениевой кислот	Раствор платинохлористоводородной и рениевой кислот	—	Растворитель	
Носитель Химически очищенная вода	Вакуумирование и увлажнение носителя	Носитель	—	Вакуум-насос Увлажнитель	
Носитель Раствор платнохлористоводородной и рениевой кислот Уксусная кислота Соляная кислота	Пропитка носителя растворами активных компонентов	Носитель, пропитанный активными компонентами	—	Пропитыватель	
Катализатор *Воздух сжатый осушенный* *Газ коммунально-бытового потребления*	Сушка и прокалка носителя, пропитанного активными компонентами	Катализатор (готовый продукт)	NOx, углерода оксид	Топка, аппарат сушки (сушилка)	

Таблица 4.9 — Основное технологическое оборудование производства алюмоплатиновых катализаторов на основе активного оксида алюминия

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Растворитель	Приготовление раствора платинохлористоводородной и рениевой кислот	Объем — 0,1 м^3
Топка газовая	Прокалка носителя	Диаметр — 1,6 м
Сушилка	Сушка	Диаметр — 1,2 м, объем — 1,4 м^3
Пропитыватель	Пропитка носителя	Диаметр — 800 мм, высота — 1000 мм
Вакуум-насос	Вакуумирование носителя	Производительность — 180 м^3/ч
Увлажнитель	Увлажнение носителя	Диаметр — 0,6 м, высота — 2,5 м

Таблица 4.10 — Природоохранное оборудование производства алюмоплатиновых катализаторов на основе активного оксида алюминия

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Циклон		

4.2.5 Производство никель-вольфрам-сульфидных катализаторов с добавкой оксида алюминия

Никель-вольфрам-сульфидные катализаторы с добавкой оксида алюминия производятся методом осаждения. Технологическая схема производства приведена на рисунке 4.4, описание технологического процесса — в таблице 4.11, перечень основного оборудования — в таблицах 4.12–4.13.

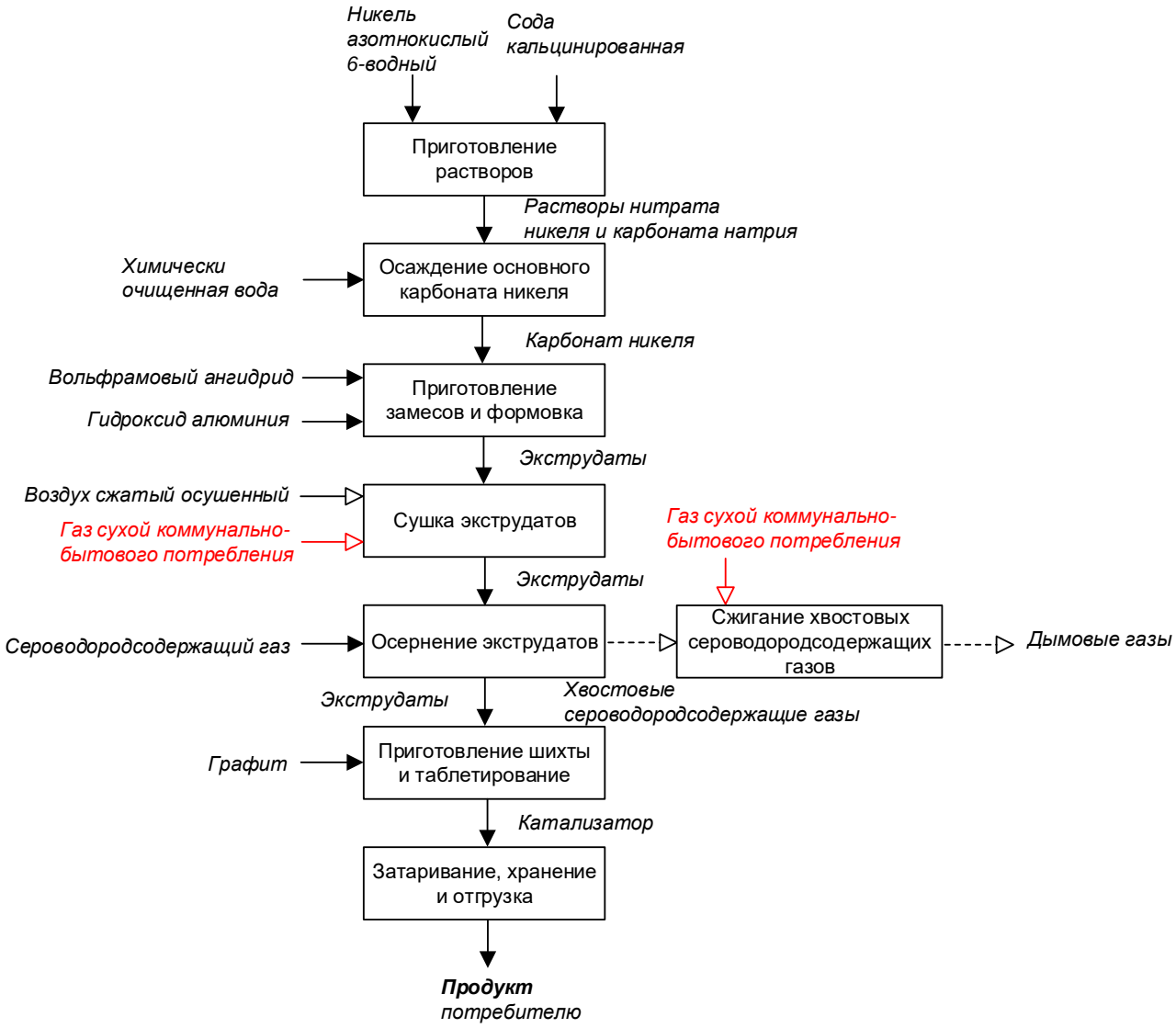


Рисунок 4.4 — Принципиальная схема производства никель-вольфрам-сульфидных катализаторов с добавкой оксида алюминия

Таблица 4.11 — Описание технологического процесса производства никель-вольфрам-сульфидных катализаторов с добавкой оксида алюминия

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное Технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Никель азотнокислый шестиводный Сода кальцинированная	Приготовление растворов	Растворы нитрата никеля и карбоната натрия	—	Растворитель	

Окончание таблицы 4.11

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное Технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Растворы нитрата никеля и карбоната натрия Химически очищенная вода	Осаждение основного карбоната никеля	Карбонат никеля	—		
Гидроксид алюминия Карбонат никеля Ангидрид вольфрамовый	Приготовление замесов и формовка	Экструдаты	—	Фильтр-пресс Месильная машина Формовочная машина	
Экструдаты *Воздух сжатый осушенный Газ сухой коммунально-бытового потребления*	Сушка экструдатов	Экструдаты	Диалюминий триоксид, NOx, углерода оксид	Ленточная сушилка Бункерная сушилка Воздуходувка	
Экструдаты Сероводородсодержащий газ	Осернение экструдатов	Экструдаты Хвостовые сероводородсодержащие газы	Сероводород	—	
Экструдаты Графит	Приготовление шихты и таблетирование	Катализатор (готовый продукт) на затаривание, хранение и отгрузку	—	Таблетмашина	
Хвостовые сероводородсодержащие газы *Газ сухой коммунально-бытового потребления*	Сжигание хвостовых сероводородсодержащих газов	Дымовые газы	Серы диоксид, NOx	Топка	Дымосос

Таблица 4.12 — Основное технологическое оборудование производства никель-вольфрам-сульфидных катализаторов с добавкой оксида алюминия

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Растворитель	Приготовление растворов	Объем — 0,55 м^3
Фильтр-пресс	Фильтрование	Рамного типа 820 х 820 мм с электромеханическим зажимом
Месильная машина	Приготовление замесов	Объем — 200 л, с паровой рубашкой
Формовочная машина	Формовка экструдатов	Производительность — 60 кг/ч
Ленточная сушилка	Сушка	Производительность — 9 м^3/ч
Бункерная сушилка	Сушка	Объем — 4,5 м^3
Шнековая печь	Приготовление экструдатов	Диаметр — 0,2 м, длина — 7,6 м
Таблетмашина	Таблетирование	Производительность — 350 кг/ч
Воздуходувка	Сушка экструдатов	Расход воздуха — 3000 м^3/ч, мощность электродвигателя — 8 кВт
Топка	Сжигание хвостовых сероводородсодержащих газов	Диаметр — 1600 мм, ширина — 1600 мм, высота — 3300 мм

Таблица 4.13 — Природоохранное оборудование производства никель-вольфрам-сульфидных катализаторов с добавкой оксида алюминия

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Дымосос	Сжигание хвостовых сероводородсодержащих газов	Производительность — 15000 м^3/ч, мощность электродвигателя — 5 кВт

4.2.6 Производство сульфокатионитных катализаторов

Сульфоткатионитные катализаторы производятся методом механического смешения и применяются в процессах гидратации олефинов, дегидратации спиртов, получения изобутилена, МТБЭ и других процессах.

Метод получения сульфокатионитных катализаторов основан на формовании гранул из расплава смеси катионообменной смолы и гранулированного (порошко-образного) полипропилена. Процесс получения состоит из следующих стадий:

– размол и сушка катионита;

– смешивание катионита с полипропиленом;

– гранулирование катализатора;

– нейтрализация сточных вод.

Мешки с катионитом растариваются и разгружаются в передвижной бункер. Катионит из бункера подается в измельчитель. Затем проводится сушка измельченного катионита в кипящем слое до влажности катионита 10–25 масс. %.

Отмеренное количество осушенного катионита и полипропилена поступает в планетарно-шнековый смеситель, где происходит смешивание полипропилена с подсушенным катионитом, смешивание производится не менее 1 часа с образованием катализаторной шихты.

Перемещение катализаторной шихты в экструдере и ее прессование производятся двумя вращающимися навстречу друг другу червячными валами через последовательно расположенные электронагревательные зоны к формующей головке. По мере продвижения катализаторной шихты от дозатора к зоне давления происходит перемещение катионита в расплаве из полипропилена. Из зоны давления расплавленная масса шихты поступает в фильерные отверстия формующей головки экструдера. При выходе из фильерных отверстий за счет резкого снижения давления из гранул катализатора мгновенно испаряется влага, вследствие чего он обретает пористость. Длина гранул катализатора регулируется скоростью вращения ножа режущего устройства по месту.

Технологическая схема производства приведена на рисунке 4.5, описание технологического процесса — в таблице 4.14, перечень основного оборудования — в таблице 4.15.

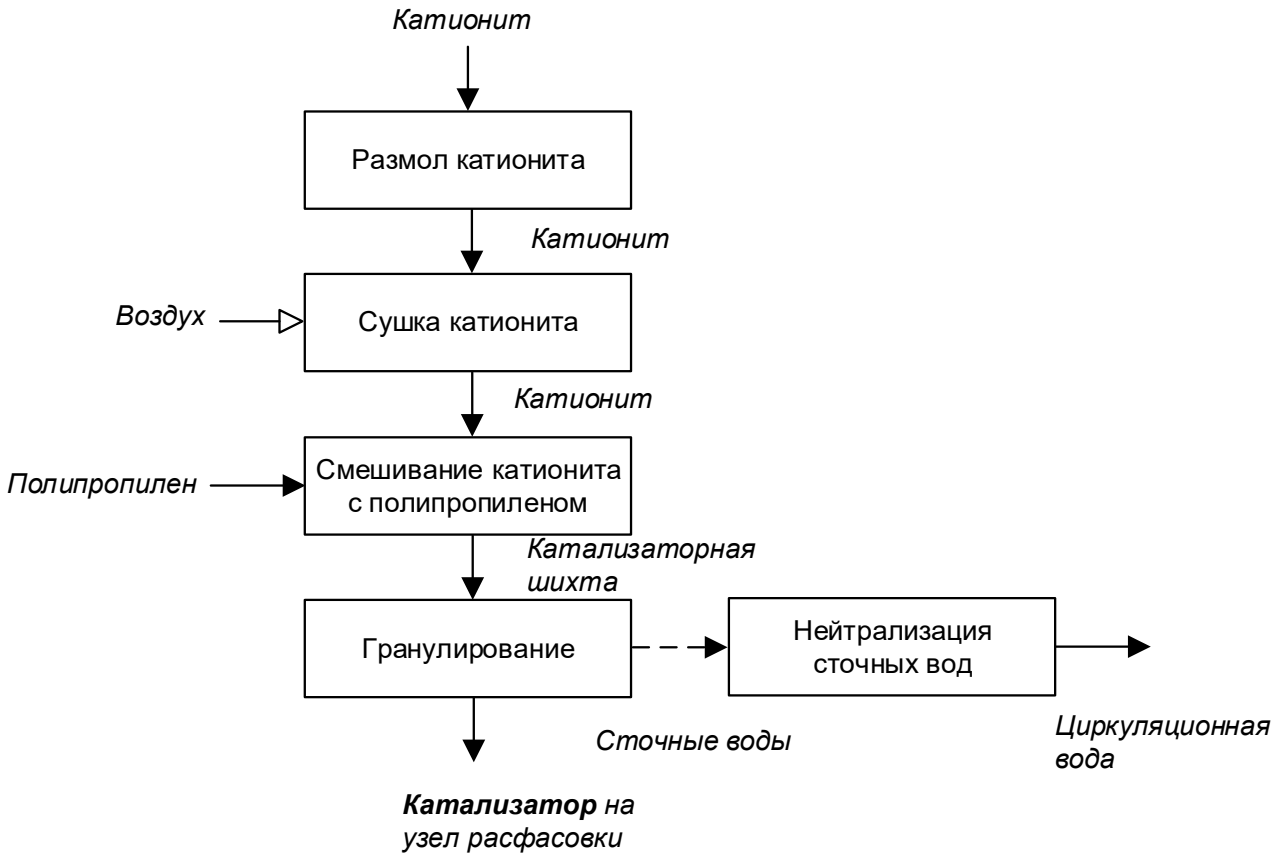


Рисунок 4.5 — Принципиальная схема производства сульфокатионитных катализаторов

Таблица 4.14 — Описание технологического процесса производства сульфокатионитных катализаторов

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Катионит	Размол катионита	Катионит	Пыль полистирола	Измельчитель	
Катионит Воздух	Сушка катионита	Катионит	—	Сушилка	
Катионит Полипропилен	Смешивание катионита с полипропиленом	Каталитическая шихта	Пыль полипропилена Пыль полистирола	Планетарно-шнековый смеситель	
Каталитическая шихта	Гранулирование катализатора	Катализатор на узел расфасовки	Сточные воды	Экструдер	
Сточные воды	Нейтрализация сточных вод	Циркуляционная вода	—	—	

Таблица 4.15 — Основное технологическое оборудование производства сульфокатионитных катализаторов

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Смеситель планетарно-шнековый	Смешивание катионита с полипропиленом	Объем — 1 м^3
Фильтры рукавные	Фильтрование	Производительность — 540–3840 м^3/ч, площадь фильтрации — 9–66 м^2
Сушилка	Сушка катионита	Производительность — 152 кг/ч, температура — 110 °С
Измельчитель	Размол катионита	Производительность — от 100 до 300 кг/ч

4.2.7 Производство железокалиевых катализаторов

Железокалевые катализаторы производятся методом полусухого смешения и предназначены для дегидрирования изоамиленов в изопрен.

Технологический процесс состоит из:

– подготовки катализаторных гранул;

– прокаливания катализаторных гранул с последующим охлаждением технологическим воздухом.

Технологическая схема производства приведена на рисунке 4.6, описание технологического процесса — в таблице 4.16, перечень основного оборудования — в таблице 4.17.

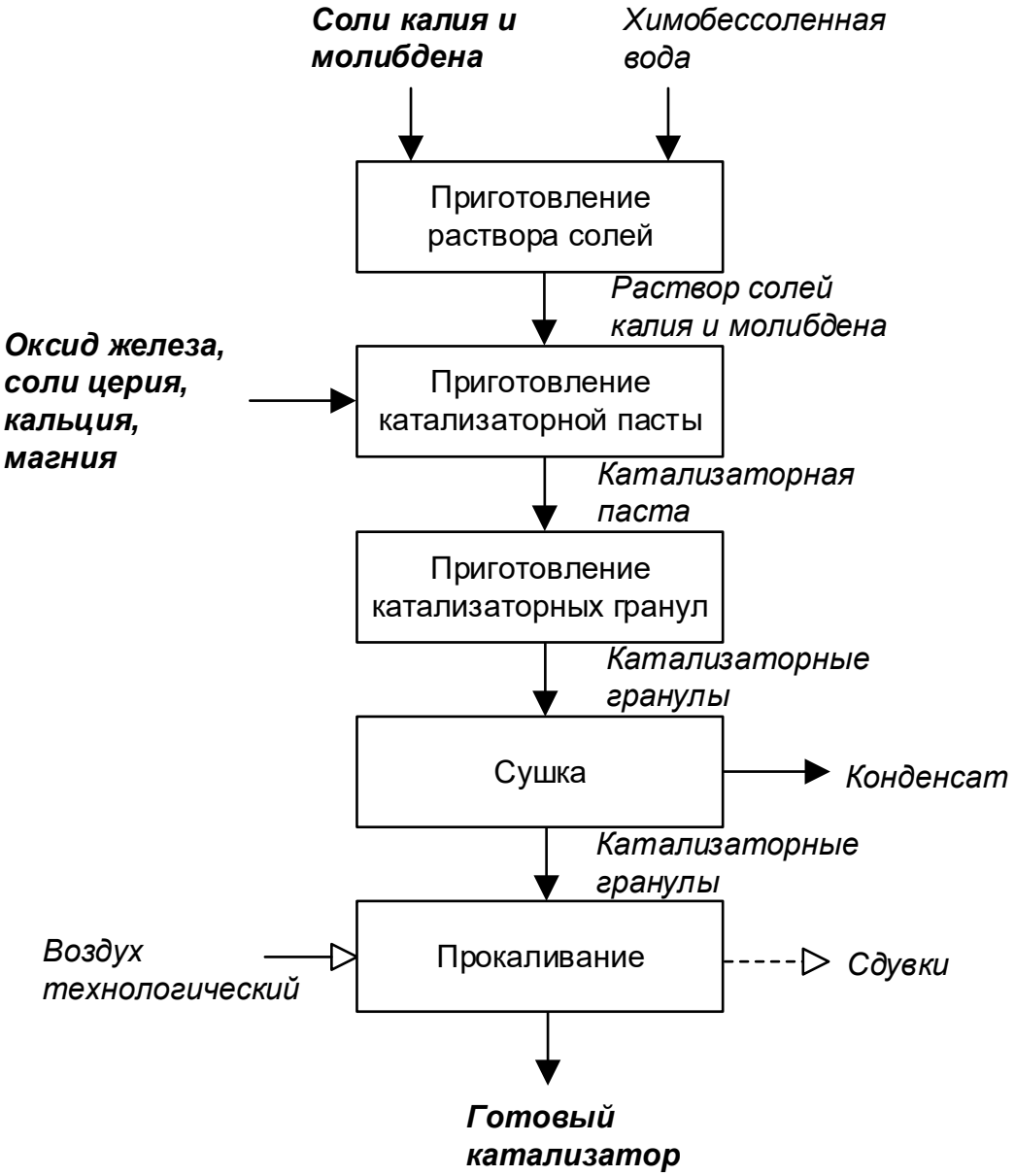


Рисунок 4.6 — Принципиальная схема производства железокалиевых катализаторов

Таблица 4.16 — Описание технологического процесса производства железокалиевых катализаторов

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Соли калия и молибдена Химобессоленная вода	Приготовление раствора солей	Раствор солей калия и молибдена	Дикалий карбонат	Емкость с мешалкой	
Оксид железа Соли церия, кальция, магния Раствор солей калия и молибдена	Приготовление каталитаторной пасты	Каталитаторная паста	—	Смеситель	
Каталитаторная паста	Приготовление каталитаторных гранул	Каталитаторные гранулы	—	Гранулятор	
Каталитаторные гранулы	Сушка	Каталитаторные гранулы Конденсат	Железа оксид, церий и его соединения	Сушилка	
Каталитаторные гранулы *Воздух технологический*	Прокаливание	Готовый катализатор	Пыль Сдувки	Печь	

Таблица 4.17 — Основное технологическое оборудование производства железокалиевых катализаторов

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Реактор	Приготовление каталитаторной суспензии: смешивание компонентов	Объем — 1,6 м^3 Температура — 200 °С
Смеситель	Получение каталитаторной пасты: смешивание компонентов	Объем — 693 л
Гранулятор	Получение каталитаторных гранул: экструзия	Производительность — 200–400 кг/ч
Камерная электропечь	Получение готового катализатора: прокаливание	Температура — 900 °С

4.2.8 Производство катализаторов «серебро на пемзе»

Катализаторы «серебро на пемзе» производятся методом пропитки.

Гранулированная пемза просеивается на сите с целью получения гранул размерами 2–5 мм. Пыль, мелкая фракция, а также пемза темного цвета собираются в отдельную тару и вывозятся на полигон промышленных отходов. Готовую пемзу обрабатывают 10%-ным – 20%-ным раствором азотной кислоты с целью удаления поверхностных окислов железа.

Химизм процесса:

$$Fe_2O_3 + 6HNO_3 = 2Fe(NO_3)_3 + 3H_2O;$$

$$FeO + 2HNO_3 = Fe(NO_3)_2 + H_2O.$$

После приготовления раствора кислоты в емкость засыпается пемза. Обработка пемзы производится не менее 2 суток при периодическом перемешивании пемзы пластиковой лопаткой. После обработки пемза по мере надобности засыпается в корзины.

После промывки пемза перегружается в поддоны и сушится в сушилке, обогреваемой паром, при температуре 80 °С – 100 °С не менее 8 часов до полного удаления влаги.

Нанесение серебра на пемзу производится путем пропитывания ее раствором азотнокислого серебра и разложения его при высокой температуре. При этом протекает реакция

$$2AgNO_3 = 2\ Ag + 2NO_2 + O_2.$$

Нанесение серебра на пемзу производится в выпарной чаше, расположенной в вытяжном шкафу.

В процессе пропитки в рубашку чаши подается пар и раствор азотнокислого серебра упаривается до полного удаления влаги. В чашу повторно заливается по гибкому шлангу паровой конденсат до первоначального уровня, и операция упаривания повторяется, при этом последние порции конденсата упариваются при постоянном перемешивании контактной массы.

Контактная масса выгружается совком в поддоны, которые при помощи приспособления помещают в электропечь, где при температуре 400 °С – 500 °С при перемешивании в течение 1-2 часов удаляются оксиды азота, после чего температуру в печи поднимают до 600 °С – 650 °С и при этой температуре катализатор прокаливается в течение 2-3 часов.

Прокаленный катализатор вынимается из печи, охлаждается на открытом воздухе, просеивается от пыли и мелочи. Отбирается проба на анализ, взвешивается и затаривается в мешки, маркируется и сдается на склад на хранение.

Технологическая схема производства приведена на рисунке 4.7, описание технологического процесса — в таблице 4.18, перечень основного оборудования — в таблице 4.19.

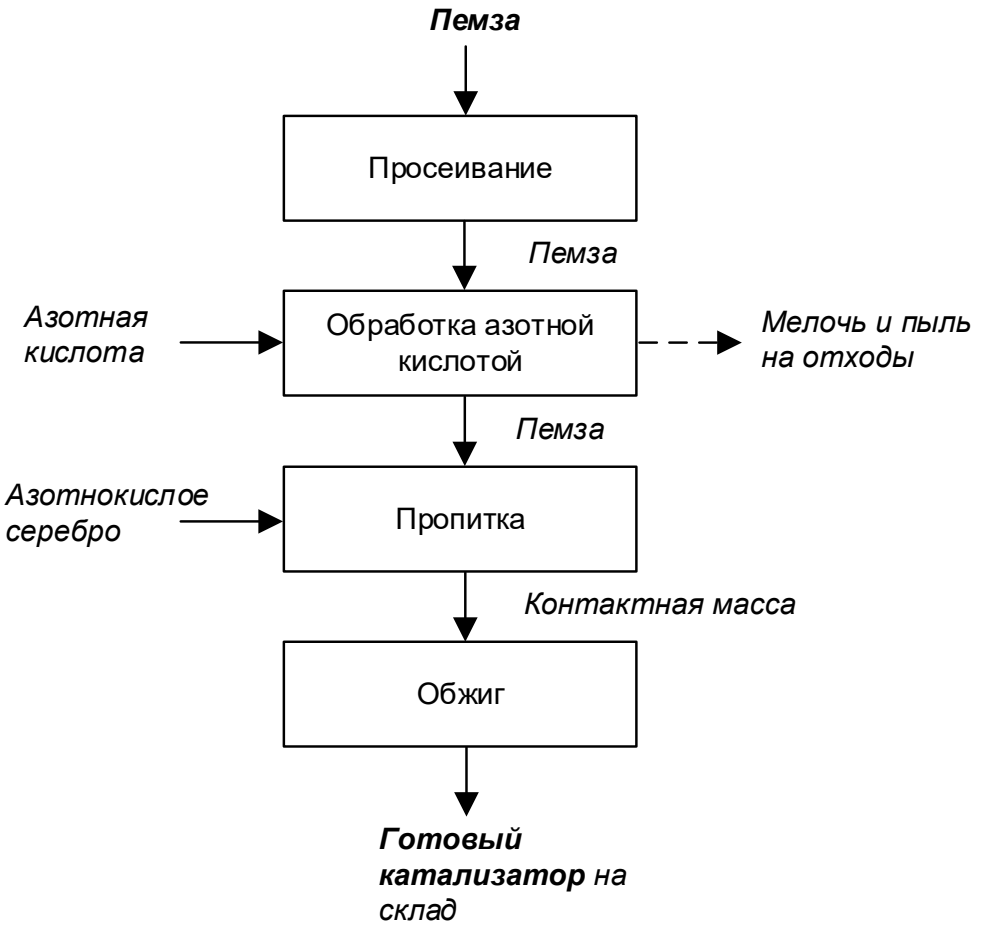


Рисунок 4.7 — Принципиальная схема производства катализаторов «серебро на пемзе»

Таблица 4.18 — Описание технологического процесса производства катализаторов «серебро на пемзе»

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Пемза	Просеивание	Пемза на стадию обработки HNO_3	Пыль неорганическая с содержанием кремния менее 20%, 20% – 70%, а также более 70% Мелочь и пыль на отходы	Сита	
Пемза со стадии просеивания Азотная кислота	Обработка азотной кислотой	Обработанная пемза	—	Емкость	

Окончание таблицы 4.18

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Обработанная пемза	Пропитка азотнокислым серебром	Контактная масса	—	Выпарная чаша	
Контактная масса	Обжиг	Готовый катализатор на склад	Азота диоксид, аммиак	Электропечь	

Таблица 4.19 — Основное технологическое оборудование производства катализаторов «серебро на пемзе»

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Выпарная чаша	Пропитка азотнокислым серебром	С паровой рубашкой, объем — 73 л
Сушильная камера	Сушка пемзы	Габариты — 2000 × 980 × 1220 мм
Электропечь	Прокаливание контактной массы	Температура — 650 °С

4.2.9 Производство катализаторов «палладий на угле»

Катализаторы «палладий на угле» производятся нанесением на поверхность угля активного рекуперационного палладия. Технологическая схема производства приведена на рисунке 4.8, описание технологического процесса — в таблице 4.20, перечень основного оборудования — в таблицах 4.21–4.22.

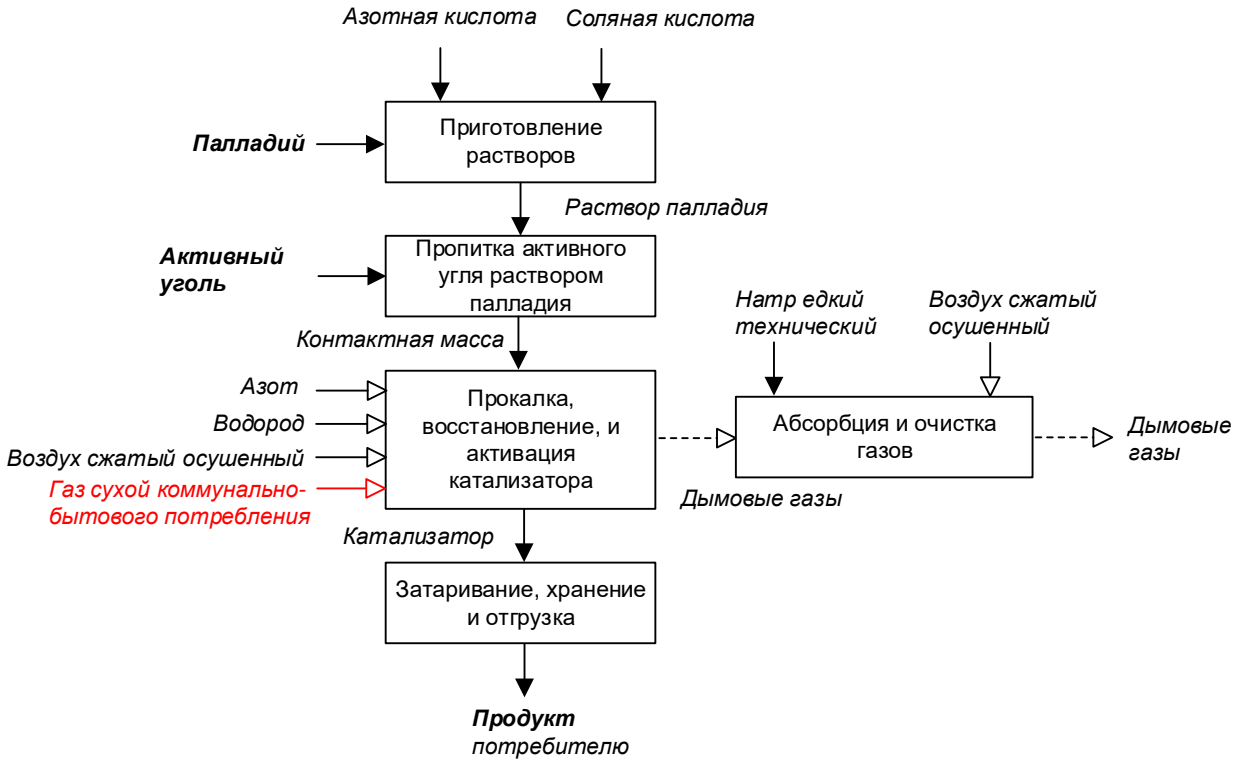


Рисунок 4.8 — Принципиальная схема производства катализаторов «палладий на угле»

Таблица 4.20 — Описание технологического процесса производства катализаторов «палладий на угле»

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Палладий Азотная кислота Соляная кислота	Приготовление раствора палладия	Раствор палладия	—	Реактор-растворитель с мешалкой	
Раствор палладия	Пропитка активного угля раствором палладия	Контактная масса	—	Пропитыватель-смеситель	
Контактная масса Водород *Воздух сжатый осушенный* *Газ сухой коммунально-бытового потребления* Азот	Прокалка, восстановление и активация катализатора	Катализатор (готовый продукт)	Дымовые газы NOx Углерода оксид	Печь для подогрева газов Реактор с откидной крышкой и коническим днищем	

Окончание таблицы 4.20

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Дымовые газы Натр едкий технический *Воздух сжатый осушенный*	Абсорбция и очистка газов	—	NOx Углерода оксид		Скруббер Адсорбер

Таблица 4.21 — Основное технологическое оборудование производства катализаторов «палладий на угле»

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Реактор-растворитель с мешалкой	Приготовление раствора палладия	Объем — 70 дм^3, давление в аппарате — 0,7 кгс/см^2, теплоноситель — минеральное масло, частота оборотов мешалки — 110 об/мин
Пропитыватель-смеситель	Пропитка активного угля раствором палладия	Объем — 100 дм^3, длина — 2570 мм, ширина — 1220 мм, высота —1380 мм
Печь для подогрева газов	Подогрев газов	Габариты: длина — 5300 мм, ширина — 4230 мм, высота — 4270 мм, горелки: 2–6 шт., диаметр трубок змеевика — 100 мм
Реактор с откидной крышкой и коническим днищем	Прокалка, восстановление и активация катализатора	Объем — 1,1 м^3, диаметр — 1200 мм, высота — 5970 мм

Таблица 4.22 — Природоохранное оборудование производства катализаторов «палладий на угле»

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Скруббер	Абсорбция и очистка газов	Диаметр — 408 мм, высота — 375 мм, насадка — три слоя активированного угля, высота слоя — 800 мм
Адсорбер	Абсорбция и очистка газов	Диаметр — 408 мм, высота — 375 мм, насадка — три слоя активированного угля, высота слоя — 800 мм

4.2.10 Производство алюмоникелькобальтмолибденовых катализаторов

Алюмоникелькобальтмолибденовые катализаторы производятся пропиткой алюмооксидного носителя растворами парамолибдата аммония, никелем азотнокислым или кобальтом азотнокислым. Технологическая схема производства приведена на рисунке 4.9, описание технологического процесса — в таблице 4.23, перечень основного оборудования — в таблицах 4.24–4.25.

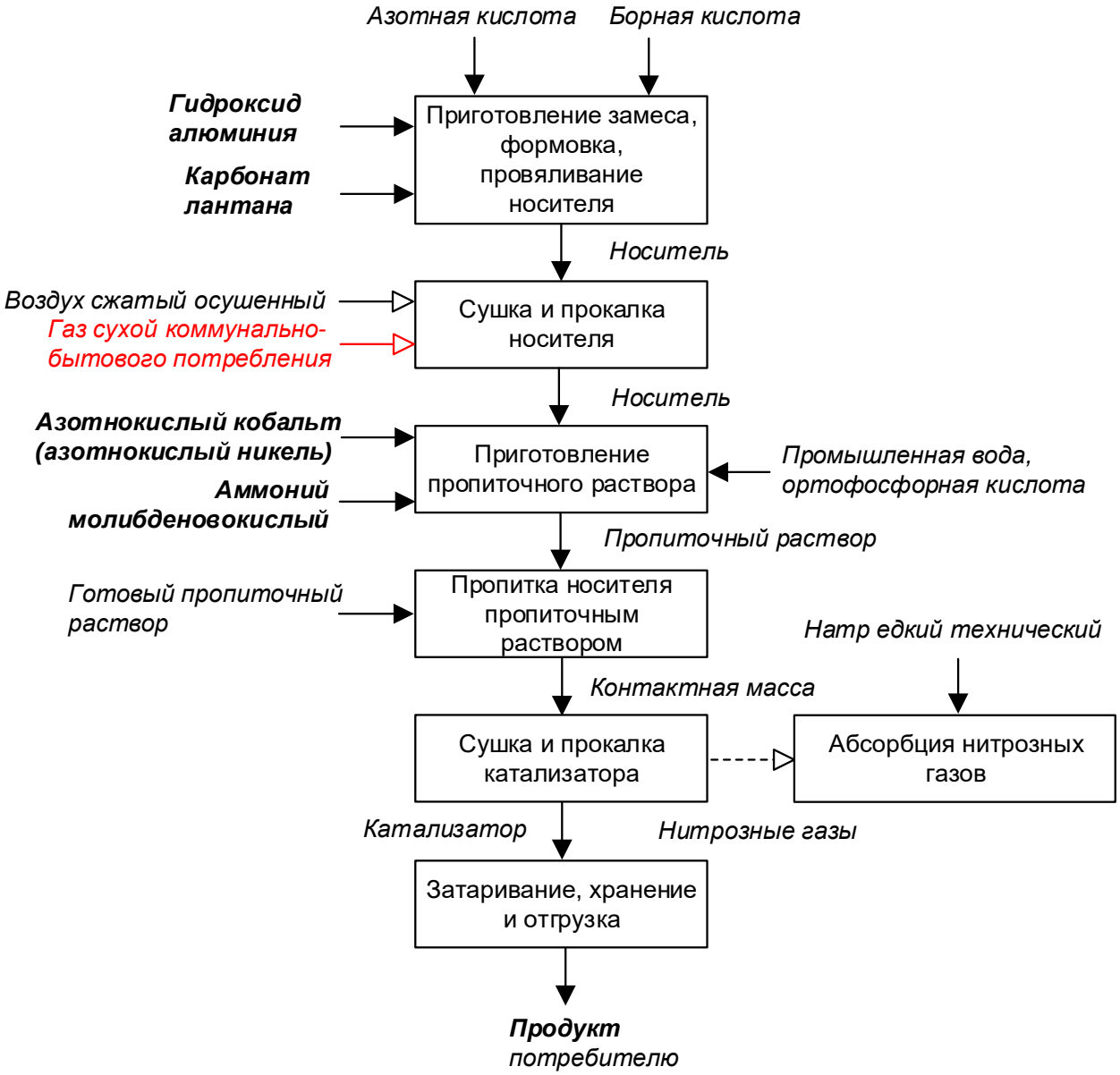


Рисунок 4.9 — Принципиальная схема производства алюмоникелькобальтмолибденовых катализаторов

Таблица 4.23 — Описание технологического процесса производства алюмоникелькобальтмолибденовых катализаторов

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Гидроксид алюминия Азотная кислота Борная кислота Карбонат лантана	Приготовление замеса, формовка, провяливание носителя	Носитель	Диалюминий триоксид	Смесительная машина	
Носитель *Воздух сжатый осушенный* *Газ сухой коммунально-бытового потребления*	Сушка и прокалка носителя	Носитель	NOx, углерода оксид	Аппарат сушки	
Носитель Промышленная вода Ортофосфорная кислота Азотнокислый кобальт (азотнокислый никель) Аммоний молибденовокислый	Приготовление пропиточного раствора	Пропиточный раствор	—	Растворитель	
Пропиточный раствор	Пропитка носителя пропиточным раствором	Контактная масса	—	Пропитыватель	
Контактная масса	Сушка и прокалка катализатора	Катализатор (готовый продукт) Нитрозные газы	NOx, углерода оксид	Аппарат сушки	
Натр едкий технический Нитрозные газы	Абсорбция нитрозных газов	—	—		Колонна абсорбционная

Таблица 4.24 — Основное технологическое оборудование производства алюмоникелькобальтмолибденовых катализаторов

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Смесительная машина	Приготовление замеса	Рабочая емкость — 200 дм^3, габаритные размеры — 2090 × 1480 × 1450 мм
Формовочная машина	Формовка, провяливание носителя	Диаметр шнека в рабочей зоне — 125 мм, диаметр шнека в загрузочной зоне — 150 мм, длина рабочей части шнека — 560 мм, скорость вращения шнека — 750 об/мин
Аппарат сушки	Сушка и прокалка носителя	Высота — 3200 мм, диаметр — 1200 мм, объем — 3,5 м^3, вертикальный цилиндрический с ложным днищем с отверстиями — 4 мм
Растворитель	Приготовление пропиточного раствора	Длина — 1100 мм, высота — 1000 мм
Пропитыватель	Пропитка носителя пропиточным раствором	Длина — 1070 мм, диаметр — 1070 мм, объем — 950 м^3
Аппарат сушки	Сушка и прокалка катализатора	Высота — 3200 мм, диаметр -1200 мм, объем — 3,5 м^3, вертикальный цилиндрический с ложным днищем с отверстиями — 4 мм

Таблица 4.25 — Природоохранное оборудование производства алюмоникелькобальтмолибденовых катализаторов

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Колонна абсорбционная	Абсорбция нитрозных газов	Высота — 20 м, диаметр — 1,4 м, площадь — 15 м^2, кольца Рашига

4.2.11 Производство цинкхроммедных катализаторов

Цинкхроммедные катализаторы производятся путем приготовления катализаторной массы из хроммедного раствора, окиси алюминия, окиси магния, двуокиси марганца и цинковых белил с дальнейшей экструзией, сушкой, таблетированием, прокалкой, восстановлением и активацией. Технологическая схема производства приведена на рисунке 4.10, описание технологического процесса — в таблице 4.26, перечень основного оборудования — в таблицах 4.27–4.28.

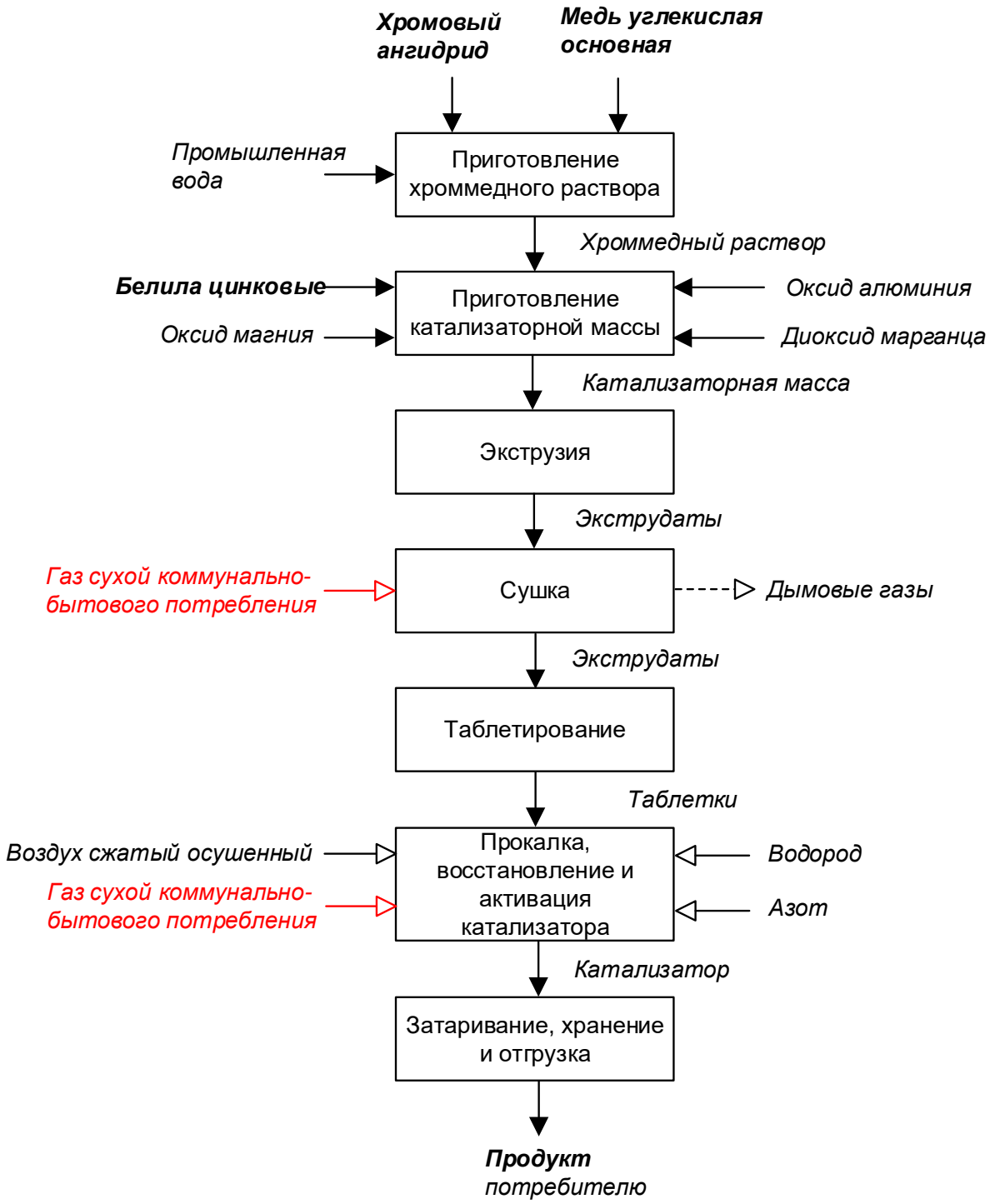


Рисунок 4.10 — Принципиальная схема производства цинкхроммедных катализаторов

Таблица 4.26 — Описание технологического процесса производства цинкхроммедных катализаторов

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Хромовый ангидрид Промышленная вода Медь углекислая основная Диоксид марганца	Приготовление хроммедного раствора	Хроммедный раствор	—	Растворитель	
Хроммедный раствор Белила цинковые Оксид магния Оксид алюминия	Приготовление катализаторной массы	Катализаторная масса	—	Смесительная машина	
Катализаторная масса	Экструзия	Экструдаты	—	Формовочная машина	
Экструдаты *Газ сухой коммунально-бытового потребления*	Сушка	Экструдаты	Цинк и его соединения NOx углерода оксид	Реактор с откидной крышкой и коническим днищем	
Экструдаты	Таблетирование	Таблетки	—	Таблетмашина	
Таблетки *Газ сухой коммунально-бытового потребления* *Воздух сжатый осушенный*	Прокалка, восстановление и активация катализатора	Катализатор (готовый продукт)	NOx Углерода оксид	Реактор с откидной крышкой и коническим днищем	

Таблица 4.27 — Основное технологическое оборудование производства цинкхроммедных катализаторов

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Растворитель	Приготовление хроммедного раствора	Длина — 1100 мм, высота — 1000 мм
Смесительная машина	Приготовление катализаторной массы	Рабочая емкость — 200 дм^3, габаритные размеры — 2090 × 1480 × 1450 мм
Формовочная машина	Экструзия	Диаметр шнека в рабочей зоне — 125 мм, диаметр шнека в загрузочной зоне — 150 мм, длина рабочей части шнека — 560 мм, скорость вращения шнека — 750 об/мин
Реактор с откидной крышкой и коническим днищем	Сушка, прокалка, восстановление и активация катализатора	Объем — 1,1 м^3, диаметр — 1200 мм, высота — 5970 мм
Таблетмашина	Таблетирование	50 об/мин, 26 поршней 4 пуансона на 1 поршне

Таблица 4.28 — Природоохранное оборудование производства цинкхроммедных катализаторов

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Дымосос	Прокалка, восстановление и активация катализатора	Производительность — 6000 м^3/ч, мощность электродвигателя — 7 кВт

4.2.12 Производство алюмоцинкхромовых катализаторов

Технологическая схема производства приведена на рисунке 4.11, описание технологического процесса — в таблице 4.29, перечень основного оборудования — в таблицах 4.30–4.31.

Алюмоцинкхромовые катализаторы производятся путем приготовления замеса из хромового ангидрида, гидроокиси алюминия и цинковых белил с дальнейшей формовкой, провяливанием и сушкой.

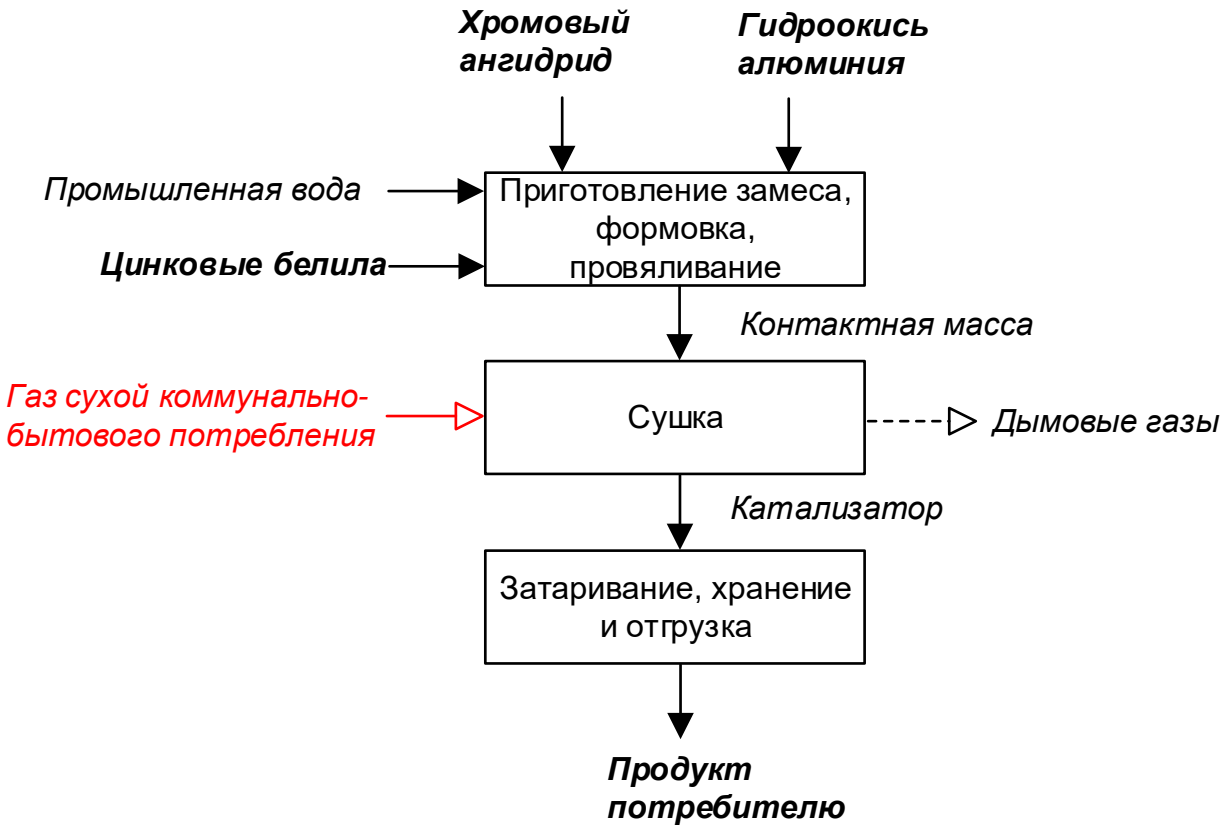


Рисунок 4.11 — Принципиальная схема производства алюмоцинкхромовых катализаторов

Таблица 4.29 — Описание технологического процесса производства алюмоцинкхромовых катализаторов

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Промышленная вода Цинковые белила Ангидрид хромовый Гидроокись алюминия	Приготовление замеса, формовка, провяливание катализатора	Контактная масса	Диалюминий триоксид, цинк и его соединения	Смесительная машина	
Контактная масса *Газ сухой коммунально-бытового потребления*	Сушка катализатора	Катализатор (готовый продукт)	Дымовые газы NOx Углерода оксид	Аппарат сушки	

Таблица 4.30 — Основное технологическое оборудование производства алюмоцинкхромовых катализаторов

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Смесительная машина	Приготовление контактной массы	Рабочая емкость — 200 дм^3, габаритные размеры — 2090 × 1480 × 1450 мм
Формовочная машина	Приготовление контактной массы	Диаметр шнека в рабочей зоне — 125 мм, диаметр шнека в загрузочной зоне — 150 мм, длина рабочей части шнека — 560 мм, скорость вращения шнека — 750 об/мин
Аппарат сушки	Сушка катализатора	Высота — 3200 мм, диаметр — 1200 мм, объем — 3,5 м^3, вертикальный цилиндрический с ложным днищем с отверстиями — 4 мм

Таблица 4.31 — Природоохранное оборудование производства никель-вольфрам-сульфидных катализаторов с добавкой оксида алюминия

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Дымосос	Сжигание хвостовых сероводородсодержащих газов	Производительность — 15000 м^3/ч, мощность электродвигателя — 5 кВт

4.2.13 Производство цинкхромовых катализаторов

Технологическая схема производства приведена на рисунке 4.12, описание технологического процесса — в таблице 4.32, перечень основного оборудования — в таблице 4.33.

Цинкхромовые катализаторы производятся путем приготовления замеса из хромового ангидрида, гидроокиси алюминия и цинковых белил с дальнейшей формовкой, провяливанием и сушкой.

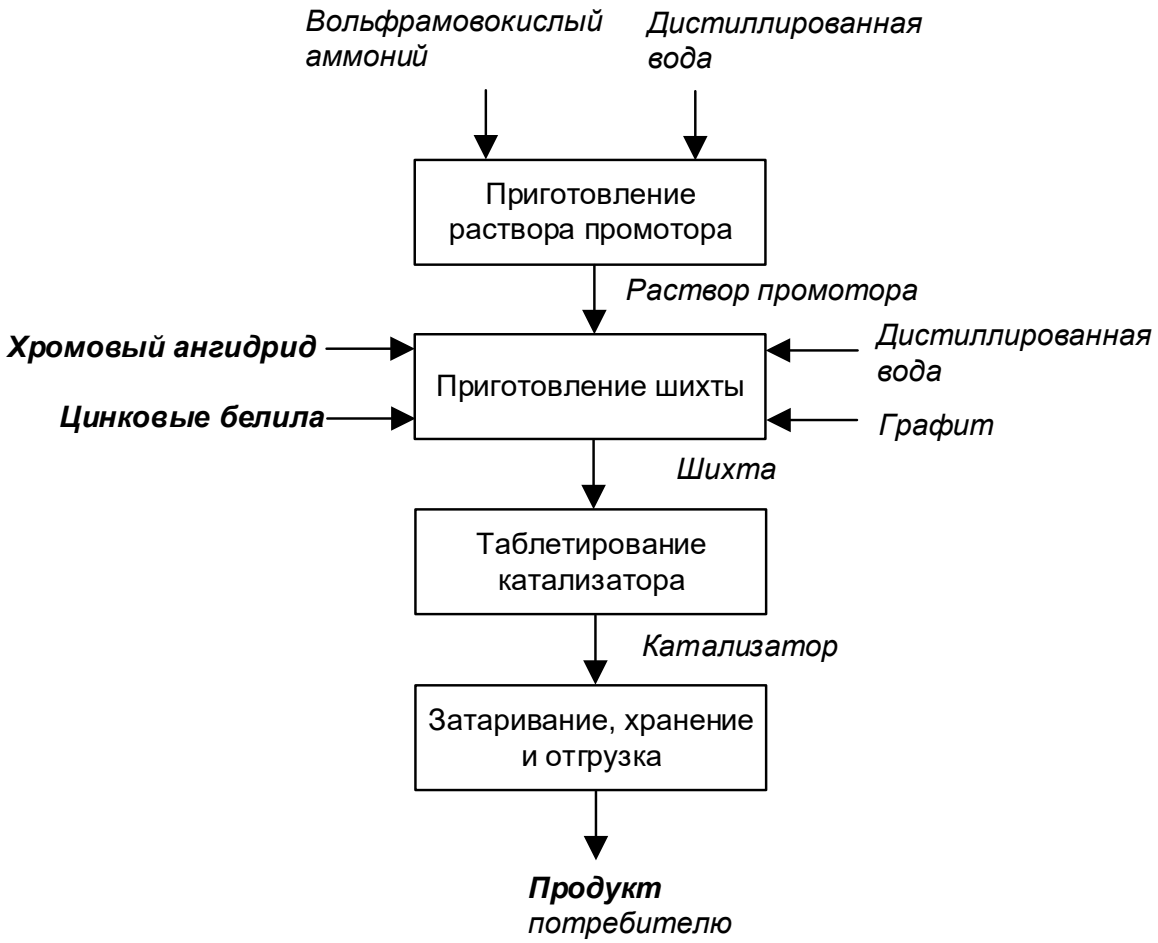


Рисунок 4.12 — Принципиальная схема производства цинкхромовых катализаторов

Таблица 4.32 — Описание технологического процесса производства цинкхромовых катализаторов

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Вольфрамовокислый аммоний Дистиллированная вода	Приготовление раствора промотора	Раствор промотора	—	Емкостное оборудование	
Раствор промотора Хромовый ангидрид Цинковые белила Графит Дистиллированная вода	Приготовление шихты	Шихта	Цинк и его соединения	Мельница, смесительные бегуны	

Окончание таблицы 4.32

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Шихта	Таблетирование катализатора	Катализатор (готовый продукт)	NOx углерода оксид	Таблетмашина	

Таблица 4.33 — Основное технологическое оборудование производства цинкхромовых катализаторов

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Смесительные бегуны	Приготовление шихты	Высота — 1250 мм, диаметр — 1600 мм, производительность — 400 кг/сут
Мельница	Приготовление шихты	Диаметр диска — 700 мм, размеры — 1500 × 860 × 800 мм, производительность — 2 т/сут.
Таблетмашина	Таблетирование катализатора	Вертикальная с 31 формующим пресс-инструментом, производительность — 50–60 кг/ч, двухпозиционная

4.2.14 Производство микросферических алюмохромовых катализаторов

Алюмохромовые катализаторы применяют в процессах дегидрирования лёгких парафиновых углеводородов.

Технологическая схема производства приведена на рисунке 4.13, описание технологического процесса — в таблице 4.34, перечень основного оборудования — в таблице 4.35.

Алюмохромовые катализаторы производят методом пропитки алюмооксидного носителя с последующей высокотемпературной активацией.

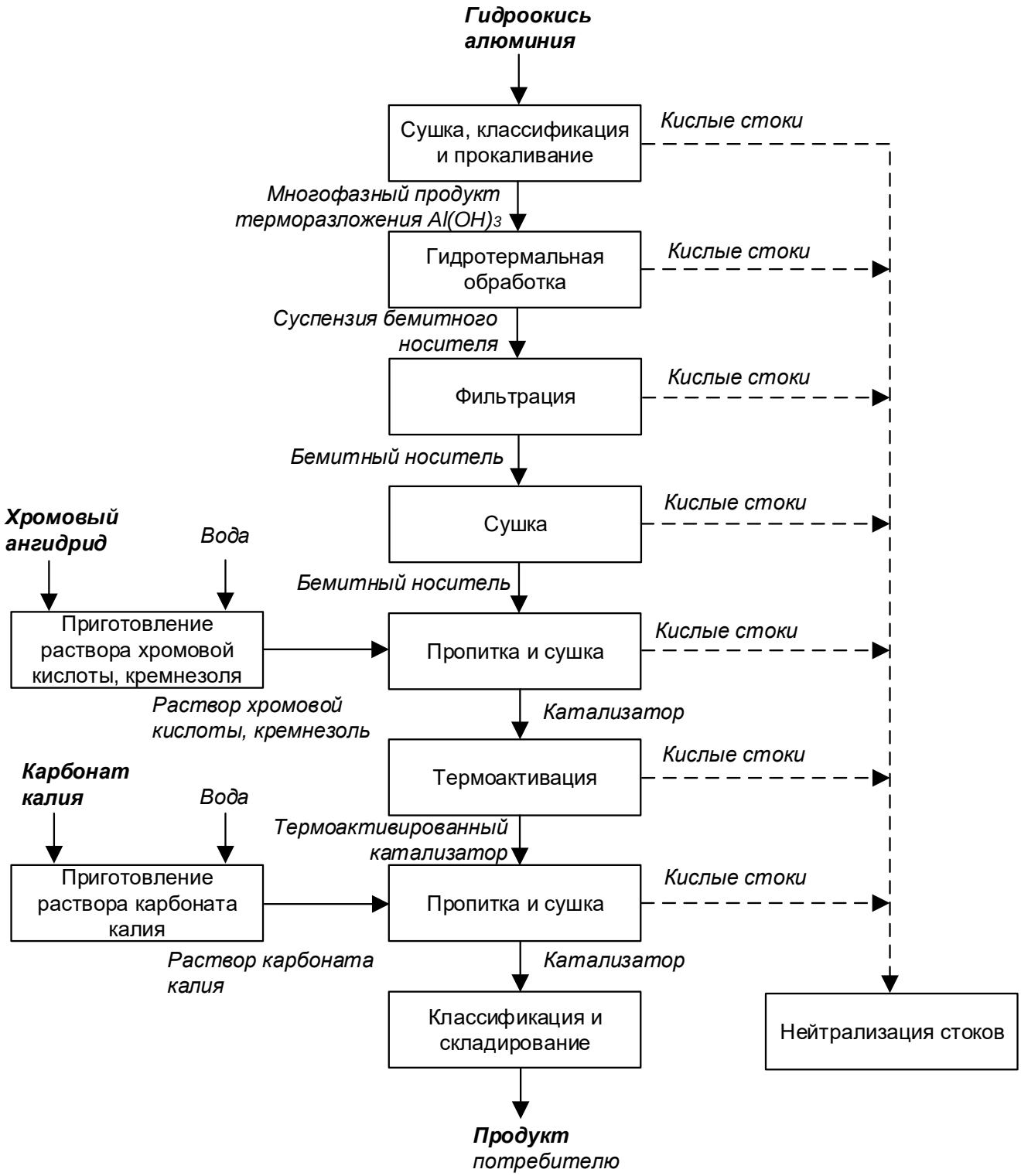


Рисунок 4.13 — Принципиальная схема производства микросферических алюмохромовых катализаторов

Таблица 4.34 — Описание технологического процесса производства микросферических алюмохромовых катализаторов

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Гидроокись алюминия	Сушка, классификация и прокаливание	Многофазный продукт терморазложения гидроокиси алюминия	Кислые стоки на нейтрализацию	Печь	
Многофазный продукт терморазложения гидроокиси алюминия	Гидротермальная обработка	Суспензия бемитного носителя	Кислые стоки на нейтрализацию	Автоклав	
Суспензия бемитного носителя	Фильтрация	Бемитный носитель	Кислые стоки на нейтрализацию		
Бемитный носитель	Сушка	Бемитный носитель на стадию пропитки и сушки	Кислые стоки на нейтрализацию	Вакуумная сушилка	
Хромовый ангидрид Вода	Приготовление раствора хромовой кислоты, кремнезоль	Раствор хромовой кислоты Кремнезоль			
Бемитный носитель со стадии сушки Раствор хромовой кислоты Кремнезоль	Пропитка и сушка	Катализатор	Кислые стоки на нейтрализацию	Вакуумная сушилка	

Окончание таблицы 4.34

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Катализатор	Термоактивация	Термоактивированный катализатор на стадию пропитки и сушки	Кислые стоки на нейтрализацию	Печь	
Карбонат калия Вода	Приготовление раствора карбоната калия	Раствор карбоната калия			
Термоактивированный катализатор со стадии термоактивации	Пропитка и сушка	Катализатор	Кислые стоки на нейтрализацию	Вакуумная сушилка	
Кислые стоки	Нейтрализация кислых стоков	Нейтрализованные стоки, шлам		Ёмкость центрифуга	
Катализатор	Классификация и складирование	Продукт потребителю			

Таблица 4.35 — Основное технологическое оборудование производства микросферических алюмохромовых катализаторов

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Печь	Прокаливание	Температура — 1000 °С, диаметр — 630 мм, длина — 4500 мм
Вакуумная сушилка	Сушка	Высота — 1425 мм, диаметр —1600 мм, объем — 3 куб. м
Автоклав	Гидротермальная обработка	Высота — 3850 мм, диаметр — 2200 мм, объем — 10 куб. м, давление — 14 кгс/кв. см, температура — 190 °С
Центрифуга	Отделение шлама	Диаметр — 3205 мм, высота —1030 мм, частота вращения барабана 4200-4500 об/мин
Емкость	Нейтрализация стоков	Высота — 3170 мм, диаметр 2200 мм, объем —10 куб.м давление — атм., температура — 100 °С

4.2.15 Производство железохромовых катализаторов

Железохромовые катализаторы производятся путем взаимодействия оксида железа с раствором хромовой кислоты с дальнейшей формовкой, сушкой и прокалкой. Технологическая схема производства приведена на рисунке 4.14, описание технологического процесса — в таблице 4.34, перечень основного оборудования — в таблице 4.35.

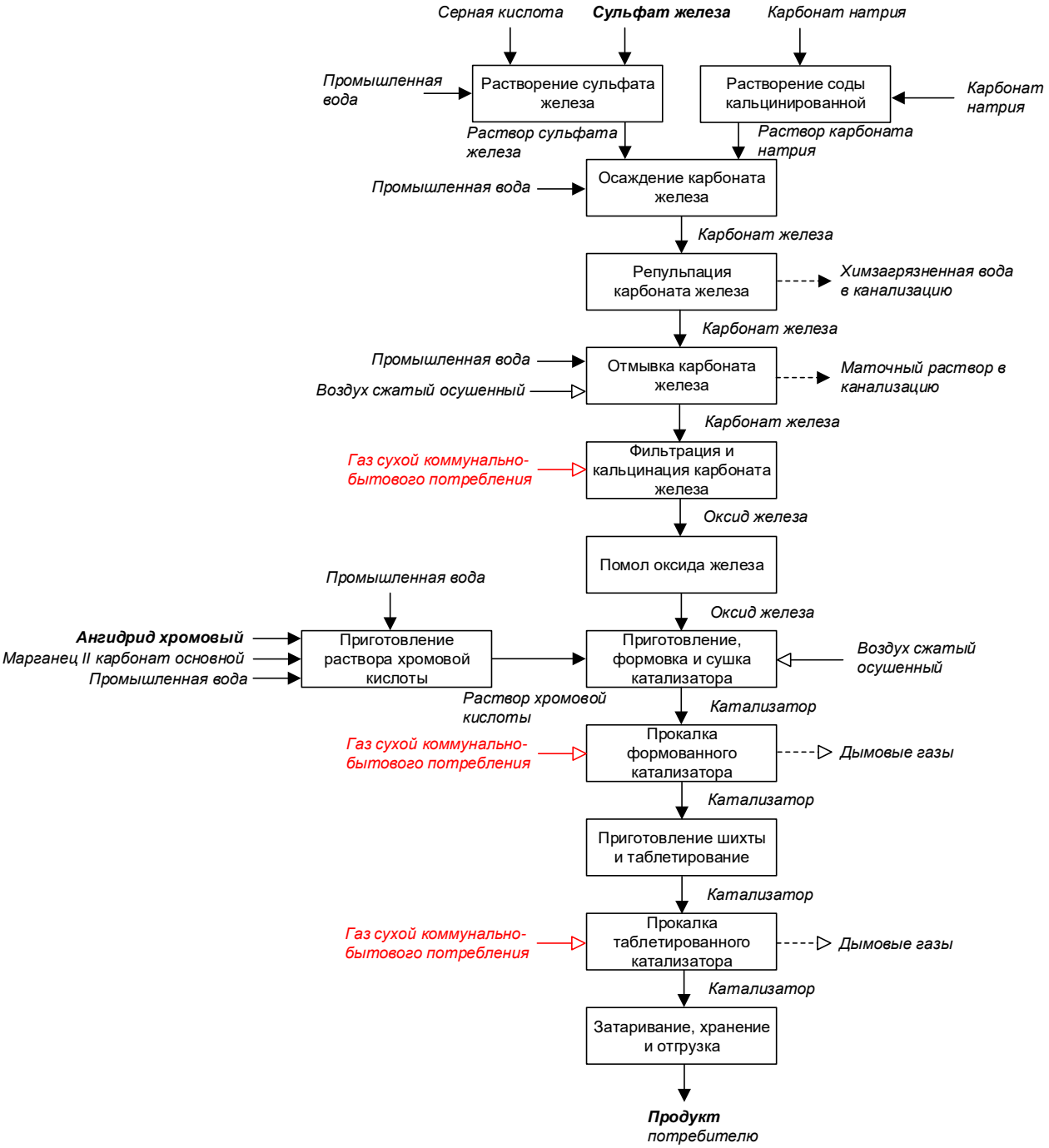


Рисунок 4.14 — Принципиальная схема производства железохромовых катализаторов

Таблица 4.36 — Описание технологического процесса производства железохромовых катализаторов

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Серная кислота Сульфат железа Промышленная вода	Растворение сульфата железа	Раствор сульфата железа	—	Емкостное оборудование	
Карбонат натрия Промышленная вода	Растворение соды кальцинированной	Раствор карбоната натрия	—	Емкостное оборудование	
Раствор карбоната натрия Раствор сульфата железа Промышленная вода	Осаждение карбоната железа	Карбонат железа	—	Емкостное оборудование	
Карбонат железа	Репульпация карбоната железа	Карбонат железа	Химзагрязненная вода	—	
Карбонат железа Промышленная вода *Воздух сжатый осушенный*	Отмывка карбоната железа	Карбонат железа	Маточный раствор	—	
Карбонат железа *Газ сухой коммунально-бытового потребления*	Фильтрация и кальцинация карбоната железа	Оксид железа	—	—	
Оксид железа	Помол оксида железа	Оксид железа на стадию приготовления катализатора	—	Ударно-дисковая мельница	
Ангидрид хромовый Промышленная вода Марганец II карбонат основной Медь углекислая основная	Приготовление раствора хромовой кислоты	Раствор хромовой кислоты	—	Растворитель хромового ангидрида	

Окончание таблицы 4.36

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Оксид железа со стадии помола Воздух осушенный сжатый	Приготовление, формовка и сушка катализатора	Катализатор формованный	NOx, углерода оксид,	Смеситель-формователь Ленточная сушилка	
Катализатор формованный *Газ сухой коммунально-бытового потребления*	Прокалка формованного катализатора	Катализатор формованный прокаленный	Дымовые газы Хром (Cr^{6+})	Аппарат прокалки	
Катализатор формованный прокаленный	Приготовление шихты и таблетирование	Катализатор таблетированный	—	—	
Катализатор таблетированный *Газ сухой коммунально-бытового потребления*	Прокалка таблетированного катализатора	Катализатор (готовый продукт)	Дымовые газы	Аппарат прокалки	

Таблица 4.37 — Основное технологическое оборудование производства железохромовых катализаторов

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Растворитель хромового ангидрида	Приготовление раствора хромовой кислоты	Объем — 1,0 $м^3$
Смеситель-формователь	Приготовление, формовка и сушка катализатора	Рабочий объем — 0,4 $м^3$
Ленточная сушилка	Сушка катализатора	Мощность — 4,0 кВт, скорость ленты — 2,1–2,5 м/ч
Аппарат прокалки	Прокалка катализатора	Объем — 3,94 $м^3$, диаметр — 1200 мм, высота — 3500 мм
Ударно-дисковая мельница	Помол оксида железа	Диаметр — 890 мм, длина — 1210 мм, производительность — 0,5 т/сут.

4.2.16 Производство цеолитсодержащих катализаторов

Цеолитсодержащие катализаторы производятся путем смешения компонентов (гидроокиси алюминия, цеолита ЦВМ, молибдата аммония, борной и азотной кислот) раствором хромовой кислоты с дальнейшей формовкой, сушкой и прокалкой. Технологическая схема производства приведена на рисунке 4.15, описание технологического процесса — в таблице 4.38, перечень основного оборудования — в таблицах 4.39–4.40.

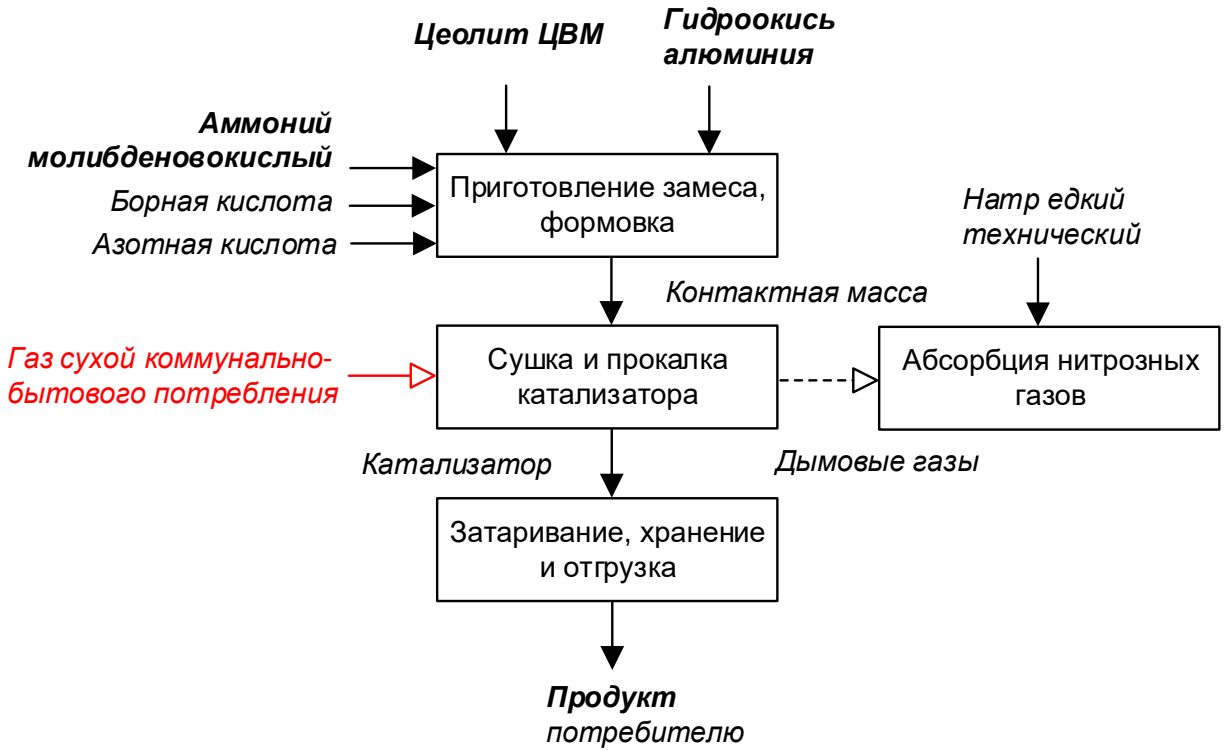


Рисунок 4.15 — Принципиальная схема производства цеолитсодержащих катализаторов

Таблица 4.38 – Описание технологического процесса производства цеолитсодержащих катализаторов

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Гидроксид алюминия Цеолит ЦВМ Борная кислота Азотная кислота Аммоний молибденовокислый	Приготовление замеса, формовка	Контактная масса	Диалюминий триоксид	Смесительная машина Формовочная машина	

Окончание таблицы 4.38

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Контактная масса *Газ сухой коммунально-бытового потребления*	Сушка и прокалка катализатора	Катализатор (готовый продукт) Дымовые газы	NOx Углерода оксид	Топка горизонтальная Аппарат сушки	
Дымовые газы Натр едкий технический	Абсорбция нитрозных газов	—	NOx, Углерода оксид	—	Колонна абсорбционная

Таблица 4.39 — Основное технологическое оборудование производства цеолитсодержащих катализаторов

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Смесительная машина	Приготовление замеса	Рабочая емкость — 200 дм^3, габаритные размеры — 2090 × 1480 × 1450 мм
Формовочная машина	Формовка	Диаметр шнека в рабочей зоне — 125 мм, диаметр шнека в загрузочной зоне — 150 мм, длина рабочей части шнека — 560 мм, скорость вращения шнека — 750 об/мин
Аппарат сушки	Сушка и прокалка катализатора	Высота — 3200 мм, диаметр — 1200 мм, объем — 3,5 м^3, вертикальный цилиндрический с ложным днищем с отверстиями — 4 мм
Топка горизонтальная	Сушка и прокалка катализатора	Диаметр — 1400 мм, длина — 1670 мм

Таблица 4.40 — Природоохранное оборудование производства цеолитсодержащих катализаторов

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Колонна абсорбционная	Абсорбция нитрозных газов	Высота — 20 м, диаметр — 1,4 м, площадь — 15 м^2, кольца Рашига

4.2.17 Производство катализаторов «силилхромат на силикагеле» (S-2)

Катализатор S-2 представляет собой органические соединения хрома, адсорбированные и хемосорбированные на активированной двуокиси кремния.

Катализатор S-2 применяется в газофазном процессе полимеризации этилена.

Производство катализатора включает следующие основные стадии:

– активация (дегидратация) диоксида кремния;

– приготовление силилхромата;

– нанесение силилхромата на активированный диоксид кремния;

– восстановление хрома диэтилалюминий этоксидом;

– сушка катализатора.

Синтез силилхромата проводят в смесителе путем взаимодействия хромового ангидрида и трифенилсиланола в среде четыреххлористого углерода. Выделяющаяся в ходе этой реакции вода поглощается активированной двуокисью кремния, а не прореагировавший остаток трехокиси хрома адсорбируется на ней.

Двуокись кремния подвергают термообработке в активаторе по строго регулируемой программе в условиях псевдоожижения азотом. Температурный режим активации двуокиси кремния включает в себя подогрев при заданной скорости повышения температуры, выдерживание при постоянной температуре и охлаждение.

Активированный диоксид кремния по трубопроводу пневмотранспортом азота транспортируют в приемную емкость, представляющую собой вертикальный цилиндрический аппарат с коническим днищем. Транспортирующий азот проходит через металлокерамические фильтры, где очищается и сбрасывается в атмосферу.

Процесс приготовления катализатора S-2 проводят путем нанесения силилхромата на активированный диоксид кремния в смесительном реакторе, представляющем собой вертикальный аппарат с коническим днищем, снабженный мешалкой ленточного типа.

После осаждения силилхромата на силикагеле проводят восстановление хрома 25%-ным раствором диэтилалюминий этоксида (ДЭАЭ) в изопентане. После восстановления хрома катализатор высушивают в смесительном реакторе путем выпаривания изопентана.

По окончании сушки катализатор из смесительного реактора выгружают в приемную емкость, в верхней части которой вмонтированы металлокерамические фильтры, через которые транспортировочный азот очищается от захваченной пыли и сбрасывается в атмосферу. Из емкости катализатор в токе азота транспортируют через шланговую станцию в бункеры для хранения катализатора.

Технологическая схема производства приведена на рисунке 4.16, описание технологического процесса — в таблице 4.41, перечень основного оборудования — в таблице 4.42.

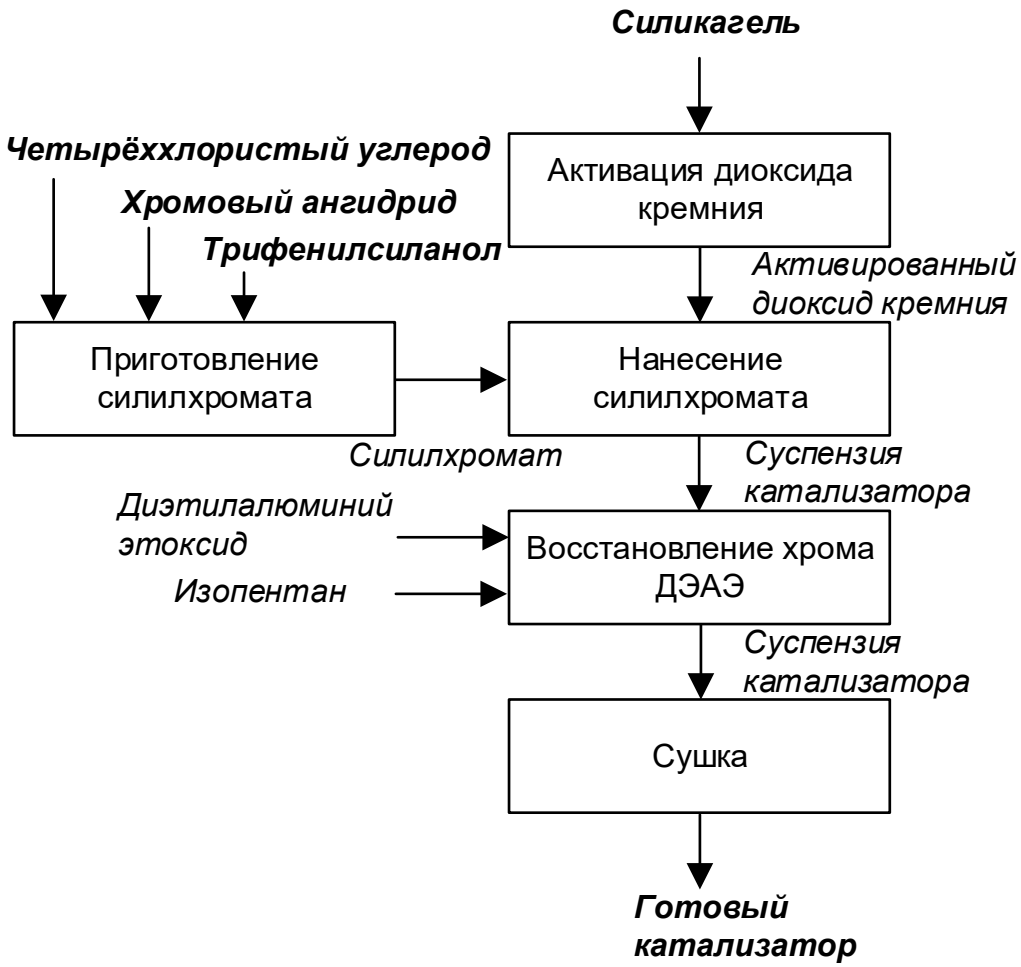


Рисунок 4.16 — Принципиальная схема производства катализаторов «силилхромат на силикагеле»

Таблица 4.41 — Описание технологического процесса производства катализаторов «силилхромат на силикагеле»

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Силикагель	Активация диоксида кремния	Активированный диоксид кремния на стадию нанесения силилхромата		Активатор Муфельный нагреватель активатора	
Четыреххлористый углерод Хромовый ангидрид Трифенилсиланол	Приготовление силилхромата	Силилхромат		Смеситель	

Окончание таблицы 4.41

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Активированный диоксид кремния со стадии активации Силилхромат	Нанесение силилхромата	Суспензия катализатора		Смесительный реактор	
Суспензия катализатора Диэтилалюминий этоксид Изопентан	Восстановление хрома ДЭАЭ	Суспензия катализатора			
Суспензия катализатора	Сушка	Готовый катализатор		Смесительный реактор	

Таблица 4.42 — Основное технологическое оборудование производства катализаторов «силилхромат на силикагеле»

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Смеситель	Приготовление силилхромата	
Активатор	Активация диоксида кремния	Объем — 1,94 м^3 Диаметр — 749 мм Высота — 4100 мм
Муфельный нагреватель активатора	Активация диоксида кремния	Мощность — 144 кВт Диаметр — 1870 мм Высота — 4000 мм
Смесительный реактор	Приготовление замесов	Объем — 5,2 м^3 Диаметр — 1524 мм Высота — 2112 мм

4.2.18 Производство катализаторов «хромоцен на силикагеле» (S-9)

Катализатор S-9 представляет собой органические соединения хрома, адсорбированные и хемосорбированные на активированной двуокиси кремния.

Катализатор S-9 применяется в газофазном процессе полимеризации этилена.

Производство катализатора включает следующие основные стадии:

– осушка толуола;

– приготовление суспензии натрия;

– крекинг дициклопентадиена;

– прием и осушка тетрагидрофурана;

– активация диоксида кремния;

– синтез циклопентадиенила натрия;

– синтез хромоцена;

– приготовление катализатора.

Метод получения хромоцена основан на взаимодействии безводного хлорного хрома с циклопентадиенилом натрия в среде тетрагидрофурана (ТГФ) с последующей заменой ТГФ на толуол. Синтез циклопентадиенила натрия проводят в реакторе путем взаимодействия суспензии натрия с циклопентадиеном, полученным крекингом дициклопентадиена.

Диоксид кремния подвергают термообработке в активаторе по строго регулируемой программе, в условиях псевдоожижения азотом. Температурный режим активации двуокиси кремния включает в себя подогрев при заданной скорости повышения температуры, выдерживание при постоянной температуре и охлаждение.

Процесс приготовления катализатора S-9 проводят путем осаждения дициклопентадиенила хрома на активированном диоксиде кремния в смесителе.

Технологическая схема производства приведена на рисунке 4.17, описание технологического процесса — в таблице 4.43, перечень основного оборудования — в таблице 4.44.

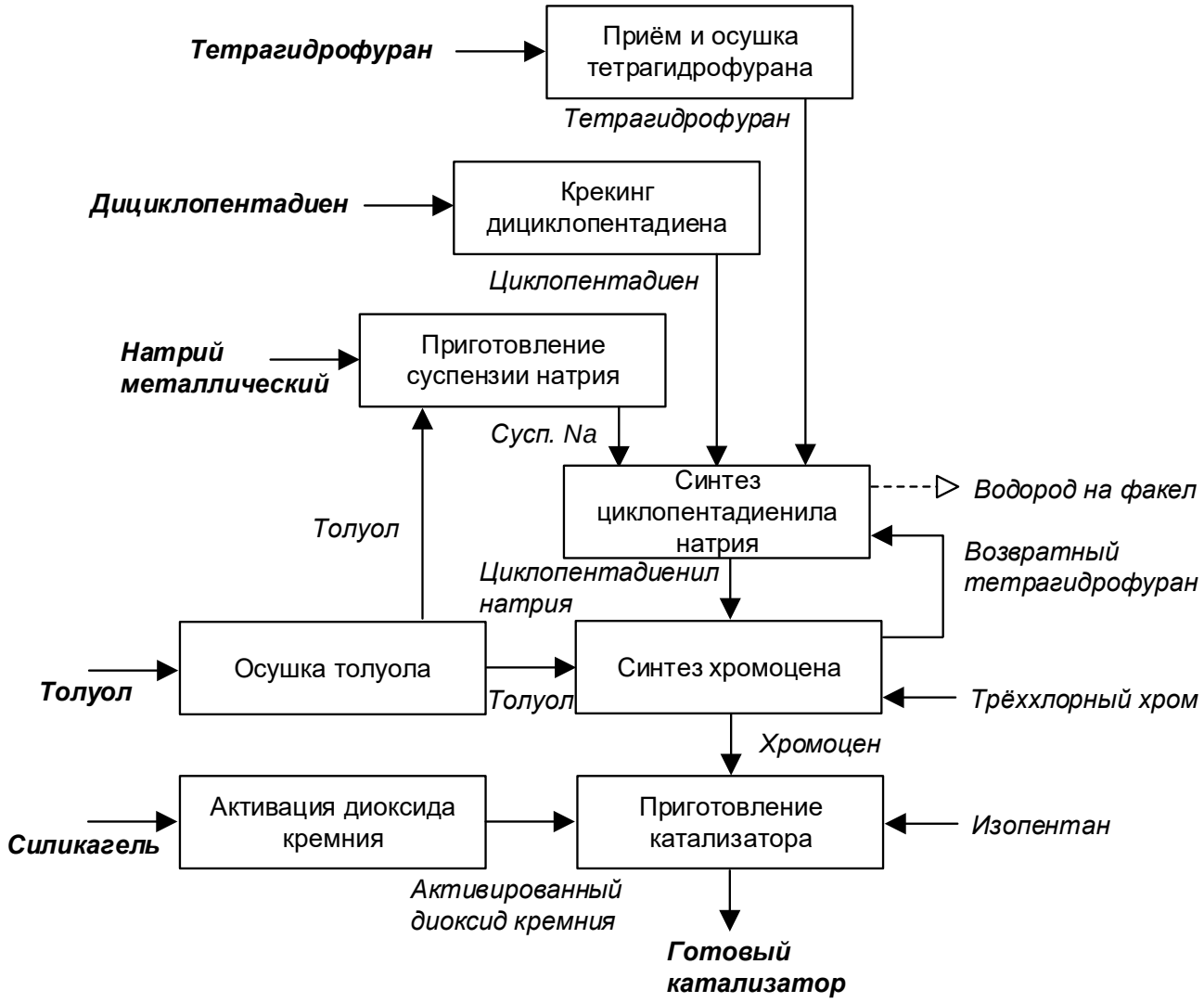


Рисунок 4.17 — Принципиальная схема производства катализаторов «хромоцен на силикагеле»

Таблица 4.43 — Описание технологического процесса производства катализаторов «хромоцен на силикагеле»

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Толуол	Осушка толуола	Толуол на стадии синтеза хромоцена и приготовления суспензии натрия			
Натрий металлический Толуол со стадии осушки	Приготовление суспензии натрия	Суспензия натрия на стадию синтеза циклопентадиенила натрия			
Дициклопентадиен	Крекинг дициклопентадиена	Циклопентадиен на стадию синтеза циклопентадиенила натрия			
Тетрагидрофуран	Приём и осушка тетрагидрофурана	Тетрагидрофуран на стадию синтеза циклопентадиенила натрия			
Силикагель	Активация диоксида кремния	Активированный диоксид кремния на стадию приготовления катализатора		Активатор Муфельный нагреватель активатора	
Суспензия натрия Циклопентадиен со стадии крекинга дициклопентадиена Тетрагидрофуран со стадии приема и осушки Возвратный тетрагидрофуран со стадии синтеза хромоцена	Синтез циклопентадиенила натрия	Циклопентадиенил натрия	Водород на факел	Реактор	
Циклопентадиенил натрия Толуол со стадии осушки Треххлорный хром	Синтез хромоцена	Хромоцен Возвратный тетрагидрофуран на стадию синтеза циклопентадиенила натрия		Реактор Колонна	

Окончание таблицы 4.43

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Хромоцен Активированный диоксид кремния со стадии активации Изопентан	Приготовление катализатора	Готовый катализатор		Смеситель катализатора	

Таблица 4.44 — Основное технологическое оборудование производства катализаторов «хромоцен на силикагеле»

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Смеситель катализатора	Приготовление катализатора	Объем — 2,25 м^3 Диаметр — 1200 мм Высота — 2700 мм
Активатор	Активация диоксида кремния	Объем — 1,94 м^3 Диаметр — 749 мм Высота — 4100 мм
Муфельный нагреватель активатора	Активация диоксида кремния	Мощность — 144 кВт Диаметр — 1870 мм Высота — 4000 мм
Реактор	Синтез хромоцена	Объем — 5,2 м^3 Диаметр — 1524 мм Высота — 2112 мм
Колонна	Отгонка растворителей	

4.2.18 Производство катализаторов каталитического крекинга, катализаторов гидроочистки дизельного топлива и вакуумного газойля, катализаторов гидрокрекинга вакуумного газойля, реактивированных катализаторов гидроочистки в составе единого комплекса

Приведено описание технологии производства катализаторов каталитического крекинга, катализаторов гидроочистки дизельного топлива и вакуумного газойля, катализаторов гидрокрекинга вакуумного газойля, а также технологии реактивации катализаторов гидроочистки в составе единого комплекса.

Основным сырьем для получения микросферического цеолитсодержащего катализатора крекинга являются: бентонитовая глина, силикат натрия, гидроксид алюминия, азотнокислый раствор редкоземельных элементов (РЗЭ), азотнокислый магний, цеолит типа ZSM-5 (в случае производства октаноповышающей добавки). Основным сырьем по-

лучения катализаторов гидроочистки и гидрокрекинга являются: бентонитовая глина, силикат натрия, гидроксид алюминия, карбонат никеля, гидроксид кобальта, парамолибдат аммония, паравольфрамат аммония.

В состав производственного комплекса катализаторов входят две технологические схемы: производство катализаторов каталитического крекинга и производство катализаторов гидропроцессов.

Схема 1: производство катализаторов каталитического крекинга

Производство катализаторов каталитического крекинга заключается в приготовлении компонентов катализаторной композиции: алюмосиликата, цеолита NaHMgP3ЭY, алюминийсодержащего компонента и их последующим смешении в определенном соотношении. Готовую катализаторную композицию подают на механические распылители распылительной сушилки с давлением до 80 кгс/см^2, где в прямоточном контакте с теплоносителем из сферических капель, полученных при распылении суспензии, формируются частицы катализатора определенного гранулометрического состава и насыпного веса. Сухой катализатор загружают в прокалочный аппарат барабанного типа, где катализатор, по мере продвижения по длине барабана, проходит несколько зон нагрева от 450 °С до 750 °С, приобретая необходимую прочность и объем пор.

Для приготовления компонентов катализаторной композиции на установке приготовления растворов готовят следующие растворы и компоненты:

– 1,5 N и 2,0 N жидкое стекло — автоклавированием силиката натрия с водой в определенном соотношении, при давлении до 8,0 кгс/см^2 и температуре до 180 °С, разбавлением водой полученного плава, осветлением на рамных фильтр-прессах;

– 6,0 N раствор сернокислотного алюминия — варкой термоактивированного гидроксида алюминия в серной кислоте в определенном соотношении при температуре до 120 °С с последующим разбавлением водой и осветлением на рамном фильтр-прессе;

– раствор низкомодульного алюмината натрия — варкой термоактивированного гидроксида алюминия в растворе едкого натра в определенном соотношении при температуре до 95 °С с последующим разбавлением водой и осветлением на рамном фильтр-прессе;

– аммиачную воду — растворением жидкого аммиака в воде до концентрации 6–9%; растворы аммиачной селитры и азотнокислого магния — растворением соответствующей соли в воде при температуре 60 °С;

– суспензию цеолита типа ZSM — репульпацией сухого цеолита в воде; суспензию гидроксида марганца — растворением в воде азотнокислого марганца и осаждением гидроксида марганца аммиачной водой; алюминийсодержащий компонент — смешением суспензий термоактивированного гидроксида алюминия и бентонитовой или глины каолин КАХ-1; при производстве добавок в алюминийсодержащий компонент вводят: в случае производства октаноповышающей добавки — суспензию цеолита типа ZSM, в случае производства добавки дожига СО — суспензию гидроксида марганца.

Компоненты алюминийсодержащего компонента перед смешением проходят предварительную подготовку:

– термоактивированный гидроксид алюминия — репульпируют в воде, активируют раствором аммиачной селитры, фильтруют на рамном фильтр-прессе для разделения на кек и фильтрат, содержащий перешедшие в раствор ионы натрия, пептизируют азотной кислотой, автоклавируют при давлении до 8,0 кгс/см^2 и температуре до 180 °С.

– бентонитовую глину — репульпируют, гидратируют, активируют раствором аммиачной селитры, фильтруют на рамном фильтр-прессе для разделения на кек и фильтрат, содержащий перешедшие в раствор ионы натрия;

– глину каолин КАХ-1 — репульпируют, гидратируют, диспергируют.

Приготовление цеолитного компонента состоит из следующих стадий:

– приготовление коллоидной затравки — сливом расчетного количества растворов в определенной последовательности: вода, алюминат натрия, раствор едкого натра, жидкое стекло, охлажденное до температуры 912 °С, перемешиванием и дальнейшим созреванием в состоянии покоя;

– осаждение алюмокремнегеля — сливом расчетного количества растворов в определенной последовательности за регламентируемые временные интервалы: жидкое стекло с температурой не более 18 °С, алюминат натрия, сернокислотного алюминия и воды, затравка;

– проведение ионных обменов на цеолите аммиачной селитрой (4 ионных обмена) с целью снижения содержания ионов натрия в цеолите с фильтрацией после каждого ионного обмена для разделения на кек и фильтрат, содержащий перешедшие в раствор ионы натрия;

– модифицирование цеолита катионами магния и РЗЭ для повышения его термостабильности;

– две стадии термопаровой стабилизации, включающих сушку цеолита до остаточной влаги 20–25%, прокалку при температуре 570–630 °С.

Приготовление алюмосиликата проводят в следующей последовательности:

– получение золя алюмосиликатной матрицы смешением растворов жидкого стекла и сернокислого алюминия при pH (7,2–7,6) ед. в высокоэффективном смесителе с последующим вводом в емкость для созревания геля без использования формовочной среды;

– синерезис алюмосиликата — физико-механический процесс в среде аммиачной воды (синерезисный раствор) при pH = 9,0–9,5 ед., в результате которого происходит выделение из алюмосиликата интермицелярной жидкости, при этом происходит перестройка пористой структуры алюмосиликата.

– активация алюмосиликата — процесс катионного обмена, в результате которого ионы Na+, входящие в состав алюмосиликата, обмениваются на ионы Al_3+ из активирующего раствора (сульфата алюминия);

-–промывка алюмосиликата — физический процесс удаления растворенной соли из пор алюмосиликата и содержание оксида натрия в готовом алюмосиликате не более 0,2%.

Схема 2: производство катализаторов гидропроцессов

Производство катализаторов гидропроцессов заключается в подготовке компонентов катализаторов и непосредственно получении катализаторов гидроочистки, гидрокрекинга, а также реактивации катализаторов гидроочистки.

Производство псевдобемита включает следующие стадии:

– гидратация термоактивированного гидроксида алюминия при температуре 48–52 °С в течение 2 часов в растворе 0,3–0,5% азотной кислоты;

– фильтрация и отмывка гидратированной термоактивированной гидроокиси алюминия для удаления фильтрата, содержащего перешедшие в раствор после взаимодействия в процессе гидратации кристаллически связанного натрия с азотной кислотой ионы Na+, и последующая их отмывка с поверхности термоактивированного гидроксида алюминия химочищенной водой;

– гидротермальный синтез (автоклавирование) отмытого гидратированного термоактивированного гидроксида алюминия — проводится в автоклаве в присутствии азотной и борной кислот при температуре 150 °С и давлении не менее 1,0 кгс/см^2;

– распылительная сушка псевдобемита теплоносителем с температурой 100–350 °С.

Производство аморфного алюмосиликата состоит из следующих стадий:

– осаждение и старение алюмосиликата — заключается в предварительной подготовке буферного раствора разбавлением 9%-ной аммиачной воды ХОВ, нагретой до температуры 55–65 °С, до pH — 7,9–8,1 ед., последующим осаждением гидроксида алюминия из раствора сульфата алюминия, 9%-ным аммиачным раствором и получением аморфного алюмосиликата подачей к полученной суспензии гидрокса алюминия раствора жидкого стекла; все стадии процесса проводят при повышенной температуре в пределах (55–65 °С, подачу растворов и перемешивание после осуществляют за нормируемые интервалы времени;

– фильтрация и отмывка аморфного алюмосиликата — заключается в разделении суспензии аморфного алюмосиликата на ленточном вакуум-фильтре и удалении фильтрата, содержащего ионы натрия, аммония, сульфат-ионы, и последующей их отмывкой с поверхности аморфного алюмосиликата химочищенной водой.

– сушка аморфного алюмосиликата — заключается в сушке отмытого кека аморфного алюмосиликата в роторной сушилке при прямоточном контакте с теплоносителем температурой 150–450 °С для получения порошкообразного продукта.

Приготовление пропиточных растворов:

Сущность процесса заключается в растворении сухих продуктов: лимонной кислоты, соединений кобальта, молибдена, никеля и аммония в воде при повышенной температуре и перемешивании, их загрузке в определенной последовательности и весовых соотношениях с добавлением жидких продуктов, согласно рецептуре: ортофосфорной кислоты и полиэтиленгликоля.

Производство катализатора гидроочистки включает следующие стадии:

– получение формовочной массы и формовки гранул носителя катализатора гидроочистки — заключается в смешении в смесителе с Z-образными лопастями псевдобемита, раствора пептизатора и полиэтиленгликоля в весовых соотношениях, указанных рецептурой;

– формовка гранул носителя катализатора гидроочистки — формовочную массу подают в запитывающую зону шнека экструдера и продавливают через фильеру, размеры отверстий которой обеспечивают получение экструдатов носителя требуемых формы и размеров;

– сушка носителя катализатора гидроочистки — заключается в удалении влаги на ленточной сушилке из влажных гранул до остаточного содержания и в формировании требуемых значений объема пор и удельной поверхности;

– прокалка носителя катализатора гидроочистки — заключается в термической обработке носителя в прокалочной печи барабанного типа с целью удаления влаги и обеспечения требуемой объемной прочности на раздавливание;

– пропитка носителя катализатора гидроочистки — проводят на установке вакуумной пропитки при контакте предварительно вакуумированного носителя с двукратным избытком пропиточного раствора, нагретого до 70 °С.

– сушка катализатора гидроочистки — осуществляют в барабанной сушилке при температуре от 100 °С до 200 °С, нагнетании воздуха в барабан сушильного аппарата и времени пребывания в сушилке в пределах 3–5 часов.

Производство катализатора гидрокрекинга и реактивации катализатора гидроочистки состоит из следующих стадий:

– получение формовочной массы — заключается в смешении в смесителе с Z-образными лопастями псевдобемита, аморфного алюмосиликата, цеолита и раствора пептизатора;

– формовка гранул носителя катализатора гидрокрекинга — формовочную массу подают в запитывающую зону шнека экструдера и продавливают через фильеру, размеры отверстий которой обеспечивают получение экструдатов носителя требуемых формы и размеров;

– сушка носителя катализатора гидрокрекинга — заключается в удалении влаги из влажных гранул до остаточного содержания и в формировании требуемых значений объема пор и удельной поверхности на ленточной сушилке;

– прокалка носителя катализатора гидрокрекинга — заключается в термической обработке носителя при температуре 500–600 °С в прокалочной печи барабанного типа с целью удаления влаги и обеспечения требуемой объемной прочности на раздавливание;

– пропитка носителя катализатора гидрокрекинга и реактивированного катализатора гидроочистки — пропитку носителя катализатора гидрокрекинга и реактивацию катализатора гидроочистки проводят в барабанном пропитывателе непрерывного действия при контакте носителя с небольшим избытком пропиточного раствора и возможностью регулирования температуры пропитки в случае необходимости;

– сушка катализатора гидрокрекинга и реактивированного катализатора гидроочистки — осуществляют в барабанной сушилке непрерывного действия при температуре около 120 °С и времени пребывания в сушилке не менее 4 часов;

– прокалка катализатора гидрокрекинга — предназначена для удаления из высушенного катализатора остаточного количества воды, аммиака и продуктов разложения цитратных лигандов при температуре 520–550 °С и времени пребывания катализатора в печи в пределах 3–5 часов в прокалочной печи барабанного типа.

Для очистки сточных вод от производства катализаторов предусмотрена установка локальной очистки стоков (ЛОС) с раздельной обработкой стоков. Исходные стоки от производства катализаторов объединяются в две линии.

Линия I— совместная переработка стоков производства алюмосиликата, в том числе:

– отработанный синерезесный раствор, отработанный активирующий раствор (1);

– промывка алюмосиликата (2);

– от установки производства аморфного алюмосиликата и стоков промывки аморфного алюмосиликата (3);

– от установки производства катализаторов гидрокрекинга.

Объединяются стоки (1) и (3) с отгонкой аммиака и получением 9%-ной аммиачной воды до концентрирования на обратном осмосе. Далее к очищенному от аммиака стоку подмешивается сток (2), далее полученная смесь концентрируется на обратном осмосе с последующей выпарной кристаллизацией и центрифугированием с получением сульфата натрия (ГОСТ 6318-77 марка Б) и смеси сульфатных солей в качестве отхода.

Линия II — совместная переработка стоков фильтрата ионных обменов цеолита от установки производства цеолита, стоков активации бентонитовой глины и термоактивированного гидрооксида алюминия, от установки производства алюминийсодержащего компонента и стоков промывки псевдобемита, от установки производства катализаторов гидроочистки. Нитратные потоки смешиваются, концентрируются на обратном осмосе, концентрат солей подвергается выпарной кристаллизации и центрифугированию с получением смеси нитратных солей.

Смесь стоков поступает в бак-усреднитель, затем стоки подаются на блок отгонки аммиака, откуда полученная аммиачная вода направляется в производство катализаторов на технологические нужды. После блока отгонки аммиака стоки подаются на охлаждение для дальнейшей коагуляции и флокуляции на осветлителях. В осветлителях посредством тонкослойного отстаивания задерживаются присутствующие в воде взвешенные вещества. Далее для более тонкой очистки от взвешенных частиц осветленная вода подается на установки ультрафильтрации. Осветленная вода после ультрафильтрации собирается в баках ультрафильтрованной воды, откуда насосами подается на блок обратного осмоса, где из воды удаляются растворенные соли в виде концентрата. Схема очистки смеси стоков технологической линии II от линии I отличается отсутствием этапа отгонки аммиака.

После обессоливания на блоках обратного осмоса пермеат обеих линий собирается в баках частично обессоленной воды и затем подается на дообессоливание на блок обратного осмоса 2-й ступени.

Очищенная обессоленная вода собирается в баках обессоленной воды и затем подается на производство катализаторов, в выпарные установки и на подпитку парогенератора. Качество очищенной воды соответствуют требованиям технологического процесса производства катализаторов.

Концентрат с установок обратного осмоса обеих линий собирается в баках концентрата и подается на всас насосов выпарных установок. Конечным продуктом выпарной установки линии I является смесь солей (отход) и сульфат натрия, линии II — смесь нитратных солей.

Шламовые воды от баков-усреднителей и осветлителей поступают в бак сбора шламовых вод, находящийся в составе установки обезвоживания осадка. Шламовые воды подаются на декантер, предварительно перед декантером производится дозирование флокулянта, подготовленного на автоматических установках приготовления флокулянта. От них же производится дозирование реагента перед осветлителями.

В декантере производится процесс обезвоживания, продуктами которого являются отжатый шлам (отход) и осветленная вода после декантера (фугат). Кек непрерывно сбрасывается в приемный контейнер и вывозится в специализированные лицензированные организации, а фугат поступает в бак сбора фугата. Далее фугат насосами перекачки поступает в баки-усреднители линий I и II для повторного использования.

В процессе локальной очистки стоков на установке ЛОС образуются следующие продукты:

– аммиачная вода расчетной концентрацией 9%;

– сульфат натрия (содержание 94%);

– смесь нитратных солей (влажность не более 10%).

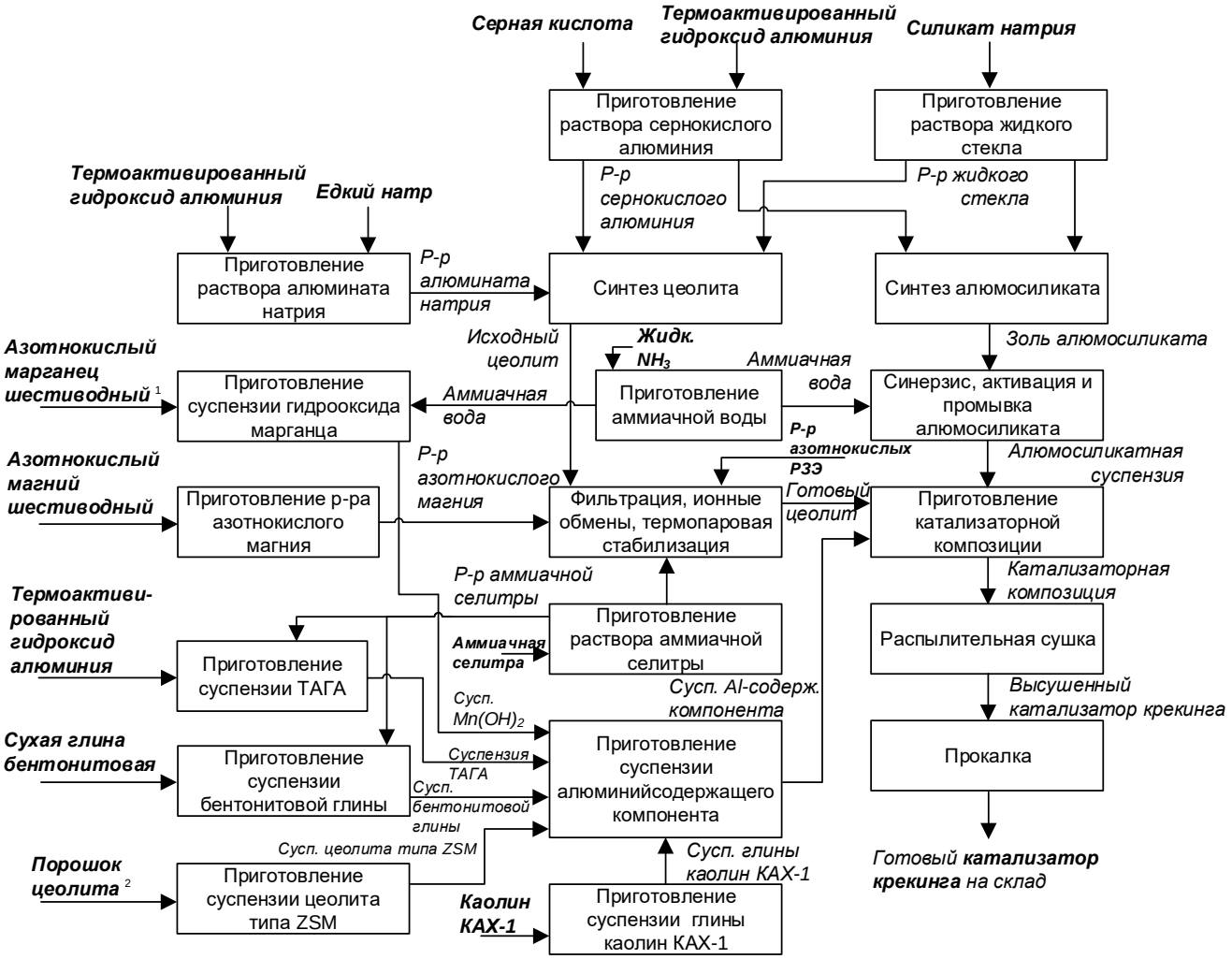
При эксплуатации установки ЛОС предусматривается образование отходов:

– осадка осветления воды системы оборотного водоснабжения производств неорганических химических веществ и минеральных удобрений;

– отходов очистки вод систем оборотного водоснабжения в производствах химических веществ и химических продуктов.

100% очищенных стоков после блока обратного осмоса возвращается в технологический процесс в непрерывном режиме. Показатели качества очищенных стоков на установке ЛОС, возвращаемых в производство, соответствуют требованиям, предъявляемым к технологическому процессу производства катализаторов.

Технологическая схема производства приведена на рисунках 4.18 и 4.19, описание технологического процесса — в таблицах 4.43 и 4.44, перечень основного оборудования — в таблицах 4.45 и 4.46.



1 – при приготовлении добавки дожига СО

2 – при приготовлении октаноповышающей добавки

Рисунок 4.18 — Принципиальная схема производства катализаторов каталитического крекинга

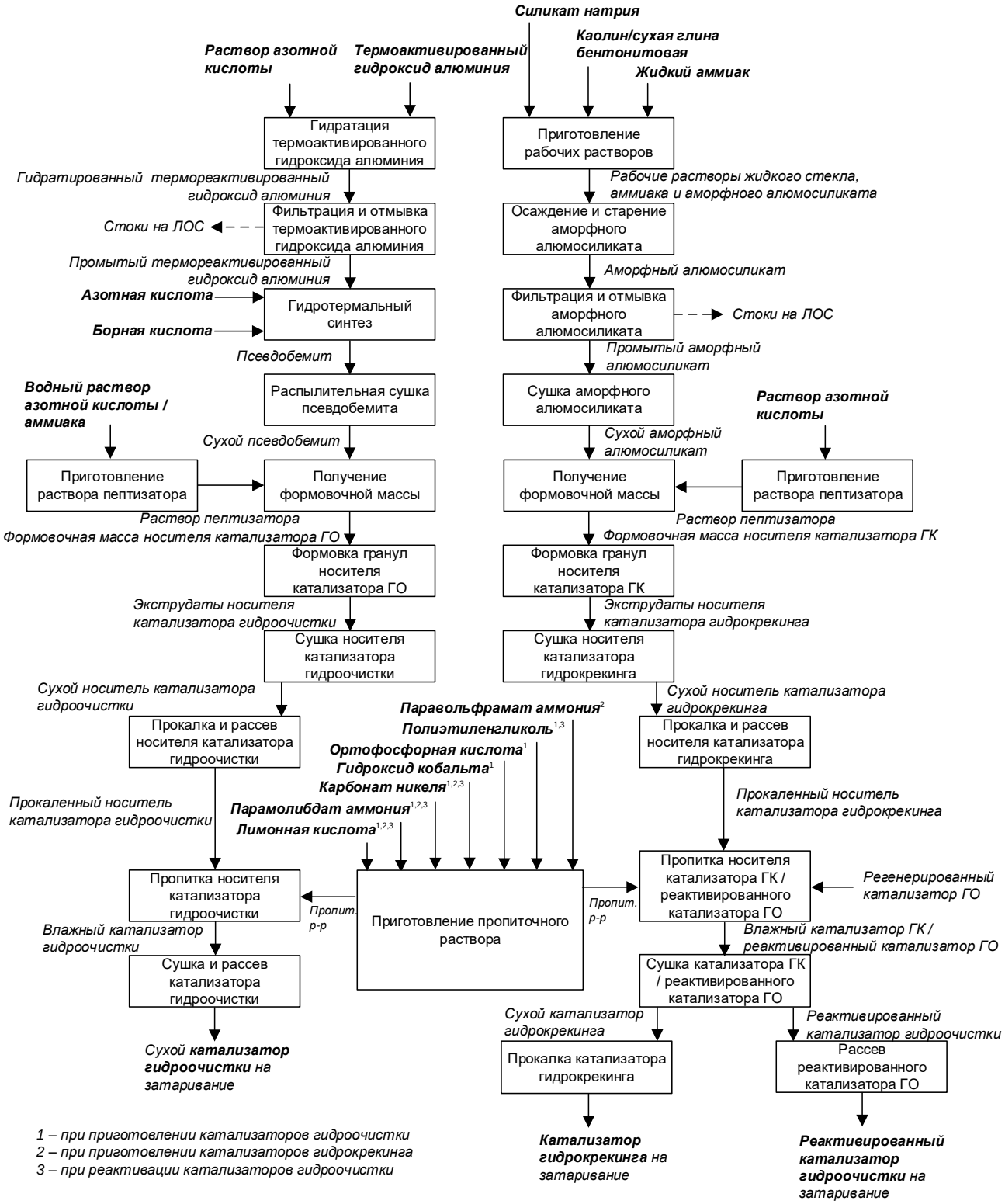


Рисунок 4.19 — Принципиальная схема производства катализаторов гидроочистки дизельного топлива и вакуумного газойля, катализаторов гидрокрекинга вакуумного газойля, реактивированных катализаторов гидроочистки

Таблица 4.45 — Описание технологического процесса производства катализаторов каталитического крекинга

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Серная кислота Термоактивированный гидроксид алюминия	Приготовление раствора сернокислого алюминия	Раствор сернокислого алюминия на стадию синтеза цеолитов и стадию синтеза алюмосиликата		Рамный фильтр-пресс	
Силикат натрия	Приготовление раствора жидкого стекла	Раствор жидкого стекла на стадию синтеза цеолитов и стадию синтеза алюмосиликата		Автоклав Рамный фильтр-пресс	
Жидкий аммиак	Приготовление аммиачной воды	Аммиачная вода на стадию приготовления суспензии гидрооксида марганца и стадию синерзиса, активации и промывки алюмосиликата			
Аммиачная селитра	Приготовление раствора аммиачной селитры	Раствор аммиачной селитры на стадию приготовления суспензии термоактивированного гидроксида алюминия, стадию приготовления суспензии бентонитовой глины и стадию фильтрации, ионных обменов, термопаровой стабилизации			
Термоактивированный гидроксид алюминия Едкий натр Аммиачная вода	Приготовление раствора алюмината натрия	Раствор алюмината натрия на стадию синтеза цеолита			
Азотнокислый магний шестиводный	Приготовление раствора азотнокислого магния	Раствор азотнокислого магния на стадию приготовления суспензии алюминийсодержащего компонента			

Продолжение таблицы 4.45

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Азотнокислый марганец шестиводный[1]	Приготовление суспензии гидрооксида марганца	Суспензия гидроксида марганца на стадию приготовления суспензии алюминийсодержащего компонента			
Термоактивированный гидроксид алюминия	Приготовление суспензии термоактивированного гидроксида алюминия	Суспензия термоактивированного гидроксида алюминия на стадию приготовления суспензии алюминийсодержащего компонента		Автоклав Рамный фильтр-пресс	
Сухая глина бентонитовая	Приготовление суспензии бентонитовой глины	Суспензия бентонитовой глины на стадию приготовления суспензии алюминийсодержащего компонента		Рамный фильтр-пресс	
Порошок цеолита[2]	Приготовление суспензии цеолита типа ZSM	Суспензия цеолита типа ZSM			
Каолин КАХ-1	Приготовление суспензии глины каолин КАХ-1	Суспензия глины каолин КАХ-1 на стадию приготовления суспензии алюминийсодержащего компонента			
Раствор сернокислого алюминия Раствор жидкого стекла Раствор алюмината натрия	Синтез цеолита	Исходный цеолит			

Продолжение таблицы 4.45

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Исходный цеолит Раствор аммиачной селитры **Раствор азотнокислых редкоземельных элементов**	Фильтрация, ионные обмены, термопаровая стабилизация	Готовый цеолит на стадию приготовления катализаторной композиции	Стоки на установку локальной очистки		Скруббер
Суспензия азотнокислого марганца Суспензия термоактивированного гидроксида алюминия Суспензия бентонитовой глины Суспензия цеолита типа ZSM 1 Суспензия глины каолин КАХ-1	Приготовление суспензии алюминийсодержащего компонента	Суспензия алюминийсодержащего компонента на стадию приготовления катализаторной композиции	Стоки на установку локальной очистки		
Раствор сернокислого алюминия Раствор жидкого стекла	Синтез алюмосиликата	Золь алюмосиликата		Смеситель	
Золь алюмосиликата Аммиачная вода	Синерзис, активация и промывка алюмосиликата	Алюмосиликатная суспензия	Стоки на установку локальной очистки		

Окончание таблицы 4.45

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Алюмосиликатная суспензия Готовый цеолит Суспензия алюминийсодержащего компонента	Приготовление катализаторной композиции	Катализаторная композиция			
Катализаторная композиция	Распылительная сушка	Высушенный катализатор крекинга		Распылительная сушилка	
Высушенный катализатор крекинга	Прокалка	Готовый **катализатор крекинга** на склад		Прокалочный аппарат барабанного типа	
1 — при приготовлении добавки дожига CO *2 — при приготовлении октаноповышающей добавки*					

Таблица 4.46 — Описание технологического процесса производства катализаторов гидроочистки дизельного топлива и вакуумного газойля, катализаторов гидрокрекинга вакуумного газойля, реактивированных катализаторов гидроочистки

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Раствор азотной кислоты **Термоактивированный гидроксид алюминия**	Гидратация термоактивированного гидроксида алюминия	Гидратированный термореактивированный гидроксид алюминия			

Продолжение таблицы 4.46

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Гидратированный термореактивированный гидроксид алюминия	Фильтрация и отмывка термоактивированного гидроксида алюминия	Промытый термореактивированный гидроксид алюминия	Стоки на установку локальной очистки		
Промытый термореактивированный гидроксид алюминия **Азотная кислота** **Борная кислота**	Гидротермальный синтез	Псевдобемит		Автоклав	
Псевдобемит	Распылительная сушка псевдобемита	Сухой псевдобемит на стадию получения формовочной массы		Вихревая сушильная установка	
Водный раствор азотной кислоты / аммиака	Приготовление раствора пептизатора	Раствор пептизатора на стадию получения формовочной массы			
Сухой псевдобемит Раствор пептизатора	Получение формовочной массы	Формовочная масса носителя катализатора ГО		Смеситель с Z-образными лопастями	
Формовочная масса носителя катализатора ГО	Формовка гранул носителя катализатора гидроочистки	Экструдаты носителя катализатора гидроочистки		Экструдер	
Экструдаты носителя катализатора гидроочистки	Сушка носителя катализатора гидроочистки	Сухой носитель катализатора гидроочистки		Ленточная сушилка	Скруббер
Сухой носитель катализатора гидроочистки	Прокалка и рассев носителя катализатора гидроочистки	Прокаленный носитель катализатора гидроочистки на стадию пропитки		Печь с вращающимся барабаном	

Продолжение таблицы 4.46

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Силикат натрия Каолин/сухая глина бентонитовая Жидкий аммиак	Приготовление рабочих растворов	Рабочие растворы жидкого стекла, аммиака и аморфного алюмосиликата			
Рабочие растворы жидкого стекла, аммиака и аморфного алюмосиликата	Осаждение и старение аморфного алюмосиликата	Аморфный алюмосиликат			
Аморфный алюмосиликат	Фильтрация и отмывка аморфного алюмосиликата	Промытый аморфный алюмосиликат	Стоки на установку локальной очистки	Ленточный вакуум-фильтр	
Промытый аморфный алюмосиликат	Сушка аморфного алюмосиликата	Сухой аморфный алюмосиликат на стадию получения формовочной массы			Скруббер
Раствор азотной кислоты	Приготовление раствора пептизатора	Раствор пептизатора на стадию получения формовочной массы			
Раствор пептизатора	Получение формовочной массы	Формовочная масса носителя катализатора гидрокрекинга		Смеситель с Z-образными лопастями	
Формовочная масса носителя катализатора гидрокрекинга	Формовка гранул носителя катализатора гидрокрекинга	Экструдаты носителя катализатора гидрокрекинга		Экструдер	
Экструдаты носителя катализатора гидрокрекинга	Сушка носителя катализатора гидрокрекинга	Сухой носитель катализатора гидрокрекинга		Ленточная сушилка	Скруббер

Продолжение таблицы 4.46

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Сухой носитель катализатора гидрокрекинга	Прокалка и рассев носителя катализатора гидрокрекинга	Прокаленный носитель катализатора гидрокрекинга на стадию пропитки		Печь с вращающимся барабаном	Скруббер
Паравольфрамат аммония [2] **Полиэтиленгликоль** [1,3] **Ортофосфорная кислота** [1] **Гидроксид кобальта** [1] **Карбонат никеля** [1,2,3] **Парамолибдат аммония** [1,2,3] **Лимонная кислота** [1,2,3]	Приготовление пропиточного раствора	Пропиточный раствор на стадию пропитки носителя катализатора гидроочистки и на стадию пропитки носителя катализатора гидрокрекинга / реактивированного катализатора гидроочистки			
Пропиточный раствор Прокаленный носитель катализатора гидроочистки	Пропитка носителя катализатора гидроочистки	Влажный катализатор гидроочистки		Установка вакуумной пропитки	
Влажный катализатор гидроочистки	Сушка и рассев катализатора гидроочистки	Сухой **катализатор гидроочистки** на затаривание		Барабанная сушилка	Скруббер
Пропиточный раствор Прокаленный носитель катализатора гидрокрекинга	Пропитка носителя катализатора гидрокрекинга / реактивированного катализатора гидроочистки	Влажный катализатор ГК / реактивированный катализатор ГО		Барабанный пропитыватель	Скруббер
Влажный катализатор ГК / реактивированный катализатор ГО	Сушка катализатора гидрокрекинга / реактивированного катализатора гидроочистки	Сухой катализатор гидрокрекинга на стадию прокалки Реактивированный катализатор гидроочистки на стадию рассева		Барабанная сушилка	Скруббер

Окончание таблицы 4.46

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Сухой катализатор гидрокрекинга	Прокалка катализатора гидрокрекинга	**Катализатор гидрокрекинга** на затаривание		Печь с вращающимся барабаном	Скруббер
Реактивированный катализатор гидроочистки	Рассев реактивированного катализатора гидроочистки	**Реактивированный катализатор гидроочистки** на затаривание			
1 — при приготовлении катализаторов гидроочистки *2 — при приготовлении катализаторов гидрокрекинга* *3 — при реактивации катализаторов гидроочистки*					

Таблица 4.47 — Основное технологическое оборудование производства катализаторов каталитического крекинга, катализаторов гидроочистки дизельного топлива и вакуумного газойля, катализаторов гидрокрекинга вакуумного газойля, реактивированных катализаторов гидроочистки

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Рамный фильтр-пресс	Фильтрация растворов, суспензий	
Автоклав	Автоклавирование силиката натрия, гидротермальный синтез	
Распылительная сушилка	Распылительная сушка катализатора	
Прокалочный аппарат барабанного типа	Прокалка катализатора	
Вихревая сушильная установка	Распылительная сушка псевдобемита	
Смеситель с Z-образными лопастями	Смешение компонентов катализатора	
Экструдер	Формовка гранул	
Ленточная сушилка	Сушка катализатора/носителя	
Печь с вращающимся барабаном	Прокалка катализатора/носителя	
Ленточный вакуум-фильтр	Фильтрация аморфного алюмосиликата	
Установка вакуумной пропитки	Пропитка носителя	
Барабанная сушилка	Сушка катализатора/носителя	
Барабанный пропитыватель	Пропитка/реактивация катализатора	

Таблица 4.48 — Природоохранное оборудование производства катализаторов каталитического крекинга, катализаторов гидроочистки дизельного топлива и вакуумного газойля, катализаторов гидрокрекинга вакуумного газойля, реактивированных катализаторов гидроочистки

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Скруббер	Очистка газов	
Модули газоочистки	Очистка газов	Степень очистки до 98,6–99,6%
Декантер	Очистка сточных вод	
Выпарная установка	Очистка сточных вод	
Осветлитель	Очистка сточных вод	

4.3 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при производстве катализаторов

Нормы расхода сырья и энергоресурсов приведены в таблицах 4.49–4.66.

Таблица 4.49 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве алюмоникелевых катализаторов конверсии метана и углеводородных газов

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Глинозем металлургический Г-00	т/т	—	1,02
Каолин обогащенный	т/т	—	0,04
Кислота азотная неконцентрированная (в пересчете на 100%)	т/т	—	0,151
Мука древесная	т/т	—	0,08
Графит	т/т/т	—	0,03
Магний азотнокислый	т	—	0,055
Натр едкий технический (в пересчете на 100%)	т/т	—	0,249
Алюминий азотнокислый	т/т	—	0,12
Калий азотнокислый	т/т	—	0,085
Никель азотнокислый	т/т	—	0,285
Газ сухой для коммунально-бытового потребления	т/т	—	0,936
Промышленная вода	куб. м/т	—	240
Пар 4,5 кгс/см^2	Гкал/т	—	15
Электроэнергия	тыс. кВт·ч/т	—	6,56

Таблица 4.50 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве алюмопалладиевых катализаторов

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Палладий (в пересчете на 100%)	г/т	1900	2300
Лантан нитрат 6-водный	т/т	–	0,012
Натр едкий (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,226
Графит	т/т	–	0,063
Глинозем металлургический Г-00	т/т	–	1,05
Кислота азотная неконцентрированная (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,329
Натрий уксуснокислый 3-водный	т/т	–	0,008
Песок тригидрата оксида алюминия (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,12
Аммиак водный технический (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,001
Газ сухой для коммунально-бытового потребления	т/т	–	1,328
Воздух сжатый осушенный	куб.м /т	–	30,412
Промышленная вода	куб.м/т	–	229
Хим.очищенная вода	т/т	–	34
Пар 4,5 кгс/см^2	Гкал/т	–	4,5
Электроэнергия	тыс. кВт·ч/т	–	8,18

Таблица 4.51 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве алюмоплатиновых (платино-рениевых) катализаторов на основе активного оксида алюминия

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Кристаллогидрат платинохлористоводородной кислоты в пересчете на 100% Pt	г/т	2950	3350
Кислота рениевая в пересчете на 100% Re в пересчете на 100%	г/т	3150	3550
Гидроксид алюминия PURAL SB в пересчете на 100% Al_2O_3	т/т	—	1,124
Кислота серная «ХЧ»	т/т	—	0,004
Цирконил азотнокислый в пересчете на 100% Zr	т/т	—	0,0032
Кислота уксусная «ХЧ»	т/т	—	0,036
Кислота соляная «ХЧ»	т/т	—	0,038
Кислота щавелевая «Ч»	т/т	—	0,001
Перекись водорода	т/т	—	0,007
Газ сухой для коммунально-бытового потребления	т/т	—	1,759

Окончание таблицы 4.51

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Воздух сжатый осушенный	тыс. куб.м/т	—	87,77
Промышленная вода	куб. м/т	—	62
Хим. очищенная вода	т/т	—	32
Пар 4,5 кгс/см^2	Гкал/т	—	35,1
Электроэнергия	тыс. кВт·ч/т	—	8,404

Таблица 4.52 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве никель-вольфрам-сульфидных катализаторов с добавкой оксида алюминия

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Ангидрид вольфрамовый	т/т	–	0,39
Аммиак водный технический марка «А» (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,002
Песок тригидрата оксида алюминия (в пересчете на прокаленный Al_2O_3)	т/т	–	0,40
Натр едкий технический марки (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,50
Кислота азотная неконцентрированная (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,78
Графит элементный	т/т	–	0,020
Двуокись углерода твердая	т/т	–	0,025
Никель азотнокислый 6-водный	т/т	–	1
Сода кальцинированная техническая	т/т	–	0,42
Газ сероводородсодержащий	т/т	–	2,69
Газ сухой для коммунально-бытового потребления	т/т	–	3,34
Воздух сжатый осушенный	тыс.м^3/т	–	42
Промышленная вода	м^3/т	–	292
Хим.очищенная вода	т/т	–	97
Пар 4,5 кгс/см^2	Гкал/т	–	33
Электроэнергия	тыс. кВт·ч/т	–	6,83
Азот газообразный	тм^3/т	–	6,78

Таблица 4.53 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве сульфокатионитных катализаторов

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Полипропилен	кг/т	–	720
Смола катионит	кг/т	–	280
Теплоэнергия	Гкал/т	–	6,69
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	1497
Вода осветленная	тыс. $м^3$/т	–	0,241

Таблица 4.54 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве железокалиевых катализаторов

Наименование	Единицы измерения	Расход на 1 т катализатора	
		минимальный	максимальный
Компоненты для приготовления катализатора	т/т	1356,81	1392,13
Теплоэнергия	Гкал/т	–	20
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	6000
Вода оборотная	тыс. $м^3$/т	–	36

Таблица 4.55 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве катализаторов «серебро на пемзе»

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Пемза кусковая	кг/т	–	633
Азотная кислота, 47 %	кг/т	–	800
Соляная кислота «ХЧ»	кг/т	–	474
Азотнокислое серебро	кг/т	–	744,3
Пар	Гкал/т	–	3,23
Электроэнергия	кВт·ч/т	—	75 000

Таблица 4.56 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве катализаторов «палладий на угле»

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Палладий металлический (в пересчете на 100%)	г/т	18 434	20 434
Уголь активный рекуперационный	т/т	–	1,12
Кислота азотная	т/т	–	0,19
Кислота соляная	т/т	–	0,001
Натр едкий (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,025
Водород технический	т/т	–	2,40
Азот газообразный	тыс. $м^3$/т	–	30,40

Окончание таблицы 4.56

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Газ сухой для коммунально-бытового потребления	т/т	–	5,46
Воздух сжатый осушенный	тыс.м^3/т	–	0,15
Промышленная вода	м^3/т	–	302
Хим.очищенная вода	т/т	–	0,030
Пар 4,5 кгс/см^2	Гкал/т	–	12
Электроэнергия	тыс. кВт·ч/т	–	2,16

Таблица 4.57 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве алюмоникелькобальтмолибденовых катализаторов

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Песок тригидрата оксида алюминия (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,9
Аммиак водный технический (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,008
Лантан нитрат 6-водный	т/т	–	0,035
Кислота борная	т/т	–	0,019
Кислота азотная неконцентрированная (в пересчете на 100%)	т/т	–	1,9
Натр едкий технический (в пересчете на 100%)	т/т	–	1,34
Аммоний молибденовокислый	т/т	–	0,15
Кислота ортофосфорная	т/т	–	0,075
Кобальт азотнокислый или	т/т	–	0,13
Никель азотнокислый 6-водный	т/т	–	0,13
Газ сухой для коммунально-бытового потребления	т/т	–	1,8
Воздух сжатый осушенный	тыс.м^3/т	–	27,55
Промышленная вода	м^3/т	–	463
Хим.очищенная вода	т/т	–	177
Пар 4,5 кгс/см^2	Гкал/т	–	23
Электроэнергия	тыс. кВт·ч/т	–	6,345

Таблица 4.58 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве цинкхроммедных катализаторов

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Песок тригидрата оксида алюминия (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,054
Натр едкий технический (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,074
Аммиак водный технический (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,0002
Кислота азотная неконцентрированная (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,114
Белила цинковые	т/т	–	0,624
Марганец углекислый	т/т	–	0,034
Оксид магния	т/т	–	0,021
Ангидрид хромовый технический	т/т	–	0,361
Медь углекислая основная	т/т	–	0,209
Графит элементный	т/т	–	0,035
Азот газообразный	тм^3/т	–	53
Водород технический	т/т	–	0,71
Газ сухой для коммунально-бытового потребления	т/т	–	0,846
Воздух сжатый осушенный	тыс.м^3/т	–	7,91
Промышленная вода	м^3/т	–	159
Хим. очищенная вода	т/т	–	11
Пар 4,5 кгс/см^2	Гкал/т	–	25
Электроэнергия	тыс. кВт·ч/т	–	9,52

Таблица 4.59 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве алюмоцинкхромовых катализаторов

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Песок тригидрата оксида алюминия (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,104
Аммиак водный технический (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,0004
Натр едкий технический (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,143
Белила цинковые	т/т	–	0,571
Ангидрид хромовый технический	т/т	–	0,357
Кислота азотная неконцентрированная (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,219
Газ сухой для коммунально-бытового потребления	т/т	–	0,17
Воздух сжатый осушенный	тыс.м^3/т	–	357
Промышленная вода	м^3/т	–	104
Хим.очищенная вода	т/т	–	20
Пар 4,5 кгс/см^2	Гкал/т	–	9
Электроэнергия	тыс. кВт·ч/т	–	5,162

Таблица 4.60 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве цинкхромовых катализаторов

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Аммоний вольфрамовокислый	т/т	–	0,001
Ангидрид хромовый технический	т/т	–	0,358
Белила цинковые	т/т	–	0,63
Графит	т/т	–	0,016
Промышленная вода	$м^3$/т	–	20
Электроэнергия	тыс. кВт·ч/т	–	0,82

Таблица 4.61 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве микросферических алюмохромовых катализаторов

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Гидроксид алюминия	т/т	–	2,837
Ангидрид хромовый	т/т	–	0,279
Калий углекислый	т/т	–	0,050
Электроэнергия	тыс. кВт·ч/т	5,12	5,30
Теплоэнергия	Гкал/т	4,34	4,60
Оборотная вода	$м^3$/т	504	539
Химобессоленная вода	$м^3$/т	179	221

Таблица 4.62 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве железохромовых катализаторов

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Аммиак водный технический (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,062
Купорос железный технический	т/т	–	3,544
Кислота серная техническая	т/т	–	0,013
Сода кальцинированная техническая	т/т	–	1,418
Ангидрид хромовый технический	т/т	–	0,106
Графит элементный	т/т	–	0,035
Медь углекислая основная	т/т	–	0,035
Марганец углекислый основной	т/т	–	0,004
Газ сухой для коммунально-бытового потребления	т/т	–	0,377
Воздух сжатый осушенный	тыс.$м^3$/т	–	10,764

Окончание таблицы 4.62

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Промышленная вода	$м^3$/т	–	440
Пар 4,5 кгс/$см^2$	Гкал/т	–	26
Электроэнергия	тыс. кВт·ч/т	–	6,93

Таблица 4.63 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве цеолитсодержащих катализаторов

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Песок тригидрата оксида алюминия (в пересчете на прокаленный Al_2O_3)	т/т	–	0,355
Натр едкий технический (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,56
Аммиак водный технический (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,001
Кислота азотная неконцентрированная (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,765
Цеолит ЦВМ (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,742
Аммоний молибденовокислый	т/т	–	0,1
Кислота борная	т/т	–	0,07
Газ сухой для коммунально-бытового потребления	т/т	–	0,51
Воздух сжатый осушенный	тыс.$м^3$/т	–	1,2
Промышленная вода	$м^3$/т	–	211
Хим. очищенная вода	т/т	–	70
Пар 4,5 кгс/$см^2$	Гкал/т	–	33
Электроэнергия	тыс. кВт·ч/т	–	9,45

Таблица 4.64 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве катализаторов каталитического крекинга, катализаторов гидроочистки дизельного топлива и вакуумного газойля, катализаторов гидрокрекинга вакуумного газойля, реактивированных катализаторов гидроочистки в составе единого комплекса

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Азотнокислый раствор редкоземельных элементов	т/т	–	0,070
Аммиак жидкий технический ГОСТ 6221-90 (99,6% масс.)	т/т	–	0,033
Кислота азотная с массовой концентрацией 56%	т/т	–	0,074

Окончание таблицы 4.64

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Соль поваренная пищевая с массовой концентрацией хлористого натрия не менее 97,7%	т/т	–	0,0036
Сухая глина бентонитовая /Каолин КАХ-1	т/т	–	0,23
Силикат натрия растворимый для катализаторов (доля SiO_2 73,7% масс.)	т/т	–	0,53
Гидроксид алюминия термодиспергированный Гидроксид алюминия термоактивированный MITALOX TA измельченный до среднего размера частиц 0,5–20 мкм	т/т	–	0,51
Серная кислота техническая с массовой концентрацией моногидрата не менее 92,5%	т/т	–	0,29
Натр едкий технический с концентрацией не менее 44%	т/т	–	0,080
Азотнокислый магний шестиводный (доля 6-водного нитрата магния 98% масс.)	т/т	–	0,097
Азотнокислый марганец (доля 6-водного нитрата марганца 98% масс.)	т/т	–	0,0024
Аммиачная селитра доля аммонийного азота в пересчете на азот в сухом веществе, 34 %	т/т	–	0,12
Порошок цеолита типа ZSM-5, порошок цеолита ZSM-5 (с учетом влаги до 55%)	т/т	–	0,0053
Порошок цеолита типа цеолит Y, БЕТА, ZSM-23 (с учетом влаги до 15%)	т/т	–	0,015
Полиэтиленгликоль, массовая доля 98%, / диэтиленгликоль	т/т	–	0,021
Парамолибдат аммония, массовая доля оксида молибдена 78%	т/т	–	0,044
Карбонат никеля с массовой долей никеля 42–48% масс.	т/т	–	0,0054
Лимонная кислота 99,5% масс.	т/т	–	0,05
Паравольфрамат аммония	т/т	–	0,012
Гидроксид кобальта, массовая доля кобальта 61,5%	т/т	–	0,010
Борная кислота, массовая доля 99,6%, ГОСТ 18704-78	т/т	–	0,012
Водяной пар низкого давления (Р=0,6МПа, Т=170 С)	т/т	1,74	2,99
Водяной пар среднего давления (Р=1,5МПа, Т=201 °С)	т/т	5,41	7,14
Природный газ	$нм^3/т$	5219	5608
Речная вода	$м^3/т$	80	134
Электроэнергия	тыс. кВт·ч/т	3,20	4,28

Характеристика выбросов, образующихся при производстве катализаторов, приведена в таблицах 4.65–4.82.

Таблица 4.65 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве алюмоникелевых катализаторов конверсии метана и углеводородных газов

Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на 1 т продукции, кг/т		
		Диапазон		Среднее значение
		минимальное значение	максимальное значение	
Азота диоксид	Абсорбция	–	–	68,265
Азота оксид				4,523
Диалюминий триоксид (в пересчете на алюминий)		–	–	70,985
Углерода оксид		–	–	16,024
Углеводороды предельные С6-С10		–	–	5,351

Таблица 4.66 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве алюмопалладиевых катализаторов

Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете 1 т продукции, кг/т		
		Диапазон		Среднее значение
		минимальное значение	максимальное значение	
Азота диоксид	Абсорбция	–	—	113,069
Азота оксид		–	—	15,530
Диалюминий триоксид (в пересчете на алюминий)		–	—	20,343
Углерода оксид		—	—	38,689
Углеводороды предельные C_6–C_{10}		—	—	6,085

Таблица 4.67 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве алюмоплатиновых (платино-рениевых) катализаторов на основе активного оксида алюминия

Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете 1 т продукции, кг/т		
		Диапазон		Среднее значение
		минимальное значение	максимальное значение	
Азота диоксид	Абсорбция	—	—	14,662
Азота оксид		—	—	60,063
Углерода оксид		—	—	2,450

Таблица 4.68 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве никель-вольфрам-сульфидных катализаторов с добавкой оксида алюминия

Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после-очистки в расчете на 1 т продукции, кг/т		
		Диапазон		Среднее значение
		минимальное значение	максимальное значение	
Азота диоксид	Сжигание хвостовых газов	–	–	21,583
Сероводород		–	–	167,395
Серы диоксид		–	–	4736,639
Углерода оксид		–	–	112,282

Таблица 4.69 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве сульфокатионитных катализаторов

Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на 1 т продукции, кг/т		
		Диапазон		Среднее значение
		минимальное значение	максимальное значение	
Пыль полипропилена	Пылеулавливание	–	–	0,01638
Пыль полистирола		–	–	0,088899
Серная кислота		–	–	0,00081

Таблица 4.70 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве железокалиевых катализаторов

Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на 1 т продукции, кг/т		
		Диапазон		Среднее значение
		минимальное значение	максимальное значение	
Магний оксид	Абсорбция, центробежное пылеулавливание	–	–	0,0544
Железа оксид		–	–	1,23863
Дикалий карбонат		–	–	0,18693
Молибден и его соединения		–	–	0,03753
Церий и его соединения		–	–	0,19987
Кальций карбонат		–	–	0,06313

Таблица 4.71 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве «серебро на пемзе»

Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на 1 т продукции, кг/т		
		Диапазон		Среднее значение
		минимальное значение	максимальное значение	
Азота диоксид	–	–	–	416,8
Азотная кислота		–	–	0,732
Аммиак		–	–	24,289
Пыль неорганическая с содержанием кремния менее 20%, 20% – 70%, а также более 70%		–	–	6,654
Углерода оксид		–	–	3,66
Хлористый водород		–	–	0,532

Таблица 4.72 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве катализаторов «палладий на угле»

Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на 1 т продукции, кг/т		
		Диапазон		Среднее значение
		минимальное значение	максимальное значение	
Азота диоксид	Абсорбция	–	–	974,0778
Углерода оксид		–	–	298,1057

Таблица 4.73 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве алюмоникелькобальтмолибденовых катализаторов

Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на 1 т продукции, кг/т		
		Диапазон		Среднее значение
		минимальное значение	максимальное значение	
Азота диоксид	Абсорбция	–	–	27,6022
Азота оксид		–	–	4,2775
Диалюминий триоксид (в пересчете на алюминий)		–	–	8,7972
Углерода оксид		–	–	3,9820
Углеводороды предельные C_6–C_{10}		–	–	1,6142

Таблица 4.74 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве цинкхроммедных катализаторов

Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на 1 т продукции, кг/т		
		Диапазон		Среднее значение
		минимальное значение	максимальное значение	
Азота диоксид	–	–	–	70,0541
Азота оксид		–	–	0,6486
Диалюминий триоксид (в пересчете на алюминий)		–	–	16,7568
Углерода оксид		–	–	105,6216
Углеводороды предельные C_6 – C_{10}		–	–	2,5946
Цинк и его соединения		–	–	29,9459

Таблица 4.75 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве алюмоцинкхромовых катализаторов

Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на 1 т продукции, кг/т		
		Диапазон		Среднее значение
		минимальное значение	максимальное значение	
Азота диоксид	—	–	–	4,0
Азота оксид		–	–	0,3
Диалюминий триоксид (в пересчете на алюминий)		–	–	7,75
Углерода оксид		–	–	4,0
Углеводороды предельные $C_6 – C_{10}$		–	–	1,2
Цинк и его соединения		–	–	13,85

Таблица 4.76 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве цинкхромовых катализаторов

Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на 1 т продукции, кг/т		
		Диапазон		Среднее значение
		минимальное значение	максимальное значение	
Азота диоксид	—	–	–	15,9167
Углерода оксид		–	–	8,8333
Углеводороды предельные $C_6 – C_{10}$		–	–	2,6667
Цинк и его соединения		–	–	11,9167

Таблица 4.77 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве микросферических алюмохромовых катализаторов

Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на 1 т продукции, кг/т		
		Диапазон		Среднее значение
		минимальное значение	максимальное значение	
Хром шестивалентный (в пересчете на 3-окись хрома)	–	–	0,120	–
Алюминия оксид (в пересчете на алюминий)	–	–	1,9155	–
Калия карбонат (Поташ)	–	–	1,867	–
Натрия гидроокись (натр едкий, сода каустическая)	–	–	0,002	–
Хрома трехвалентные соединения (в пересчете на Cr3+)	–	–	0,14	–
Азота диоксид	–	–	0,462	–
Азота оксид	–	–	0,075	–
Сажа	–	–	0,066	–
Ангидрид сернистый	–	–	0,0495	–
Углерода оксид	–	–	0,39	–
Бензин (нефтяной, малосернистый в пересчете на углерод)	–	–	0,00187	–
Керосин	–	–	0,12	–

Таблица 4.78 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве железохромовых катализаторов

Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на 1 т продукции, кг/т		
		Диапазон		Среднее значение
		минимальное значение	максимальное значение	
Азота диоксид	—	–	–	4,0605
Азота оксид		–	–	0,7383
Углерода оксид		–	–	33,2226
Хром (Cr^{6+})		–	–	25,4707

Таблица 4.79 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве цеолитсодержащих катализаторов

Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на 1 т продукции, кг/т		
		Диапазон		Среднее значение
		минимальное значение	максимальное значение	
Азота диоксид	Абсорбция	–	–	7,3730
Азота оксид		–	–	1,1365
Диалюминий триоксид (в пересчете на алюминий)		–	–	1,2444
Углерода оксид		–	–	1,0574
Углеводороды предельные $C_6 – C_{10}$		–	–	0,4316

Таблица 4.80 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве катализаторов «силилхромат на силикагеле» (S-2)

Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на 1 т продукции, кг/т		
		Диапазон		Среднее значение
		минимальное значение	максимальное значение	
Пыль неорганическая с содержанием кремния менее 20, 20–70, а также более 70 процентов	—	0,19	0,22	0,21
Хром (Cr 6+)		–	0,0056	–
Тетрахлорметан (углерод четыреххлористый)		0,60	0,69	0,66
Хрома трехвалентные соединения (в пересчете на Cr3+)		–	0,00046	–

Таблица 4.81 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве катализаторов «хромоцен на силикагеле» (S-9)

Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на 1 т продукции, кг/т		
		Диапазон		Среднее значение
		минимальное значение	максимальное значение	
Пыль неорганическая с содержанием кремния менее 20, 20–70, а также более 70 процентов	–	17,95	18,92	18,53
Метилбензол (толуол)		6,52	6,98	6,82
Хрома трехвалентные соединения (в пересчете на Cr3+)		0,74	0,82	0,79
Циклопентадиены		–	0,0060	–
Тетрагидрофуран		0,81	0,83	0,82

Таблица 4.82 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве катализаторов каталитического крекинга, катализаторов гидроочистки дизельного топлива и вакуумного газойля, катализаторов гидрокрекинга вакуумного газойля, реактивированных катализаторов гидроочистки в составе единого комплекса

Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на 1 т продукции, кг/т		
		Диапазон		Среднее значение
		минимальное значение	максимальное значение	
Азота диоксид	Газоочистка, пылеулавливание	–	10,09	–
Азотная кислота		–	0,052	–
Аммиак		–	1,10	–
Аммиачная селитра (аммоний нитрат)		–	0,00000044	–
Бензапирен		–	0,0000059	–
Борная кислота (ортоборная кислота)		–	0,0000000011	–
Взвешенные вещества		–	0,00000019	–
Диалюминий триоксид (в пересчете на алюминий)		–	0,014	–

Окончание таблицы 4.82

Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на 1 т продукции, кг/т		
		Диапазон		Среднее значение
		минимальное значение	максимальное значение	
Кобальт и его соединения (кобальта оксид, соли кобальта в пересчете на кобальт)		–	0,000048	–
Никель, оксид никеля (в пересчете на никель)		–	0,000048	–
Магний оксид		–	0,00000000099	–
Марганец и его соединения		–	0,0000000013	–
Пыль неорганическая с содержанием кремния менее 20, 20–70, а также более 70 процентов		–	0,072	–
Сероводород		–	0,057	–
Серная кислота		–	0,18	–
Серы диоксид		–	0,001	–
Углерода оксид		–	4,14	–
Углеводороды предельные С1–С-5 (исключая метан)		–	1,07	–
Керосин		–	0,0043	–
Натрий гидроксид		–	0,0019	–
Молибден и его неорганические соединения		–	0,00053	–
Бор аморфный		–	0,000096	–
Углерод (Сажа)		–	0,00020	–
Алюмосиликаты (цеолиты; цеолиовые туфы)		–	0,080	–
Натрий силикат (Натрий кремнекислый)		–	0,00000028	–
Полиэтиленгликоль		–	0,000096	–

Уровни сбросов производства катализаторов приведены в таблицах 4.83–4.95. При производстве сульфокатионитных катализаторов сточные воды направляются на нейтрализацию. При производстве железокалиевых катализаторов и катализаторов «серебро на пемзе» сточные воды направляются на биологические очистные сооружения. При производстве катализаторов каталитического крекинга, катализаторов гидроочистки дизельного топлива и вакуумного газойля, катализаторов гидрокрекинга вакуумного газойля, реактивированных катализаторов гидроочистки в составе единого комплекса сточные воды направляются на очистные сооружения, очищенная вода возвращается в технологический процесс. При производстве катализаторов «силилхромат на силикагеле» и «хромоцен на силикагеле» образуются только ливневые и хозфекальные сточные воды, которые поступают в систему канализации и далее на очистные сооружения. При производстве микросферических алюмохромовых катализаторов кислые воды направляются на нейтрализацию, нейтрализованные сточные воды направляются в систему канализации и далее на биологические очистные сооружения.

Таблица 4.83 — Сбросы загрязняющих веществ при производстве алюмоникелевых катализаторов конверсии метана и углеводородных газов

Наименование загрязняющего вещества	Направление сбросов	Показатели сбросов загрязняющих веществ в расчете на 1 т продукции, кг/т		
		Диапазон		Среднее значение
		минимальное значение	максимальное значение	
Алюминий	—	–	–	0,207
Аммоний-ион		–	–	3,370
Нитрат-анион		–	–	29,240
Нитрит-анион		–	–	1,035

Таблица 4.84 — Сбросы загрязняющих веществ при производстве алюмопалладиевых катализаторов

Наименование загрязняющего вещества	Направление сбросов	Показатели сбросов загрязняющих веществ в расчете на 1 т продукции, кг/т		
		Диапазон		Среднее значение
		минимальное значение	максимальное значение	
Алюминий	—	–	–	0,881
Аммоний-ион		–	–	14,713
Нитрат-анион		–	–	340,478
Нитрит-анион		–	–	8,900

Таблица 4.85 — Сбросы загрязняющих веществ при производстве алюмоплатиновых (платино-рениевых) катализаторов на основе активного оксида алюминия

Наименование загрязняющего вещества	Направление сбросов	Показатели сбросов загрязняющих веществ в расчете на 1 т продукции, кг/т		
		Диапазон		Среднее значение
		минимальное значение	максимальное значение	
Алюминий	–	–	–	0,037
Аммоний-ион		–	–	0,711
Нитрат-анион		–	–	16,609
Нитрит-анион		–	–	0,379

Таблица 4.86 — Сбросы загрязняющих веществ при производстве никель-вольфрам-сульфидных катализаторов с добавкой оксида алюминия

Наименование загрязняющего вещества	Направление сбросов	Показатели сбросов загрязняющих веществ в расчете на 1 т продукции, кг/т		
		Диапазон		Среднее значение
		минимальное значение	максимальное значение	
Алюминий	–	–	–	4,496
Никель		–	–	5,652
Нитрат-анион		–	–	281,346

Таблица 4.87 — Сбросы загрязняющих веществ при производстве сульфокатионитных катализаторов

Наименование загрязняющего вещества	Направление сбросов	Показатели сбросов загрязняющих веществ в расчете на 1 т продукции, кг/т		
		Диапазон		Среднее значение
		минимальное значение	максимальное значение	
ХПК	–	–	–	1,67

Таблица 4.88 — Сбросы загрязняющих веществ при производстве катализаторов «палладий на угле»

Наименование загрязняющего вещества	Направление сбросов	Показатели сбросов загрязняющих веществ в расчете на 1 т продукции, кг/т		
		Диапазон		Среднее значение
		минимальное значение	максимальное значение	
Нитрат-анион	–	–	–	413,43
Нитрит-анион		–	–	40,88

Таблица 4.89 — Сбросы загрязняющих веществ при производстве алюмоникелькобальтмолибденовых катализаторов

Наименование загрязняющего вещества	Направление сбросов	Показатели сбросов загрязняющих веществ в расчете на 1 т продукции, кг/т		
		Диапазон		Среднее значение
		минимальное значение	максимальное значение	
Алюминий	–	–	–	0,6726
Аммоний-ион		–	–	13,1823
Нитрат-анион		–	–	307,5516
Нитрит-анион		–	–	22,6252

Таблица 4.90 — Сбросы загрязняющих веществ при производстве цинкхроммедных катализаторов

Наименование загрязняющего вещества	Направление сбросов	Показатели сбросов загрязняющих веществ в расчете на 1 т продукции, кг/т		
		Диапазон		Среднее значение
		минимальное значение	максимальное значение	
Алюминий	–	–	–	0,9730
Аммоний-ион		–	–	18,2703
Медь		–	–	0,0432
Хром шестивалентный		–	–	9,5135
Цинк		–	–	0,0973

Таблица 4.91 — Сбросы загрязняющих веществ при производстве алюмоцинкхромовых катализаторов

Наименование загрязняющего вещества	Направление сбросов	Показатели сбросов загрязняющих веществ в расчете на 1 т продукции, кг/т		
		Диапазон		Среднее значение
		минимальное значение	максимальное значение	
Алюминий	–	–	–	0,05
Хром шестивалентный		–	–	0,85
Цинк		–	–	0,005

Таблица 4.92 — Сбросы загрязняющих веществ при производстве цинкхромовых катализаторов

Наименование загрязняющего вещества	Направление сбросов	Показатели сбросов загрязняющих веществ в расчете на 1 т продукции, кг/т		
		Диапазон		Среднее значение
		минимальное значение	максимальное значение	
Хром шестивалентный	–	–	–	0,59
Цинк		–	–	0,0058

Таблица 4.93 — Сбросы загрязняющих веществ при производстве микросферических алюмохромовых катализаторов

Наименование загрязняющего вещества	Направление сбросов	Показатели сбросов загрязняющих веществ в расчете на 1 т продукции, кг/т		
		Диапазон		Среднее значение
		минимальное значение	максимальное значение	
Взвешенные вещества	В систему канализации и далее на биологические очистные сооружения	0	0,48	0,24
pH		7,0	8,5	7,5

Таблица 4.94 — Сбросы загрязняющих веществ при производстве железохромовых катализаторов

Наименование загрязняющего вещества	Направление сбросов	Показатели сбросов загрязняющих веществ в расчете на 1 т продукции, кг/т		
		Диапазон		Среднее значение
		минимальное значение	максимальное значение	
Аммоний-ион	–	–	–	15,8730
Медь		–	–	0,0628
Хром шестивалентный		–	–	9,2285

Таблица 4.95 — Сбросы загрязняющих веществ при производстве цеолитсодержащих катализаторов

Наименование загрязняющего вещества	Направление сбросов	Показатели сбросов загрязняющих веществ в расчете на 1 т продукции, кг/т		
		Диапазон		Среднее значение
		минимальное значение	максимальное значение	
Алюминий	–	–	–	1,7983
Аммоний-ион		–	–	35,2467
Нитрат-анион		–	–	822,3277
Нитрит-анион		–	–	28,9886

При производстве алюмоникелевых катализаторов конверсии метана и углеводородных газов образуются пыль, россыпи, зачистки оксида алюминия в количестве 14,78 кг на 1 т продукции. Отходы передаются на утилизацию сторонней организации.

При производстве алюмопалладиевых катализаторов образуются пыль, россыпи, зачистки алюмооксидного носителя, которые передаются на утилизацию сторонней организации. Отходы алюмопалладиевых катализаторов направляются для извлечения палладия на аффинажный завод.

При производстве носителя для платино-рениевых катализаторов образуются отходы носителя, которые измельчаются и используются в производстве носителя. В процессе производства платино-рениевых катализаторов образуются отходы на стадии сушки-прокалки катализатора, которые затем направляются для извлечения платины на аффинажный завод.

При производстве никель-вольфрамовых катализаторов образуется шлам после чистки гидрозатворов в количестве 2,44 кг на 1 т продукции, а также сульфидная вода. Отходы передаются на утилизацию сторонней организации.

При производстве сульфокатионитных катализаторов образуются отходы катализаторной пыли, смет с территории, загрязненный катализаторной пылью, и отходы тканей, загрязненные катионитом, в количестве 187,50, 101,25 и 2,63 кг на 1 т продукции. Отходы передаются в сторонние организации.

При производстве катализаторов «серебро на пемзе» образуются отходы пемзы в количестве 33,27 кг на 1 т продукции, которые направляются на полигон промышленных отходов.

При производстве катализаторов «палладий на угле» отходы катализатора направляются на аффинажный завод для извлечения палладия.

При производстве алюмоникелькобальтмолибденовых катализаторов отходы носителя и катализатора используются в производстве.

При производстве цинкхроммедных, алюмоцинкхромовых, цинкхромовых, железохромовых катализаторов твердых и жидких отходов не образуется.

При производстве микросферических алюмохромовых катализаторов образуются пыль катализатора и шлам гидроокиси алюминия, которые размещаются на полигоне захоронения отходов.

При производстве цеолитсодержащих катализаторов образуются пыль, россыпи и зачистки оксида алюминия в количестве 36 кг на 1 т катализатора в год, которые передаются на утилизацию сторонней организации.

Характеристика отходов, образующихся при производстве микросферических алюмохромовых катализаторов, приведена в таблице 4.96.

Характеристика отходов, образующихся при производстве катализаторов «силилхромат на силикагеле» (S-2) и «хромоцен на силикагеле» (S-9), приведена в таблицах 4.97 и 4.98.

Характеристика отходов, образующихся при производстве катализаторов каталитического крекинга, катализаторов гидроочистки дизельного топлива и вакуумного газойля, катализаторов гидрокрекинга вакуумного газойля, реактивированных катализаторов гидроочистки в составе единого комплекса, приведена в таблице 4.99.

Таблица 4.96 — Отходы, образующиеся при производстве микросферических алюмохромовых катализаторов

Наименование	Класс опасности	Источник образования	Способ утилизации, обезвреживания, размещения	Масса образующихся отходов производства в расчете на тонну продукции, кг/т		
				Диапазон		Среднее значение
				Минимальное значение	Максимальное значение	
Пыль катализатора при производстве алюмохромовых катализаторов	III	Гидротермальная обработка, фильтрация, пропитка и прокалка катализатора	Захоронение	–	7,06	–
Шлам гидроокиси алюминия	IV	Прокалка гидроксида алюминия и приготовления химрастворов	Захоронение	–	79,25	-

Таблица 4.97 — Отходы, образующиеся при производстве «силилхромат на силикагеле» (S-2)

Наименование	Класс опасности	Источник образования	Способ утилизации, обезвреживания, размещения	Масса образующихся отходов производства в расчете на тонну продукции, кг/т		
				Диапазон		Среднее значение
				Минимальное значение	Максимальное значение	
Отходы зачистки оборудования получения катализатора на основе оксида кремния, содержащего силилхромат и оксид алюминия	2	Регламентная зачистка аппаратов от шлама катализаторного с пониженной активность	Размещение на полигоне для захоронения твёрдых неутилизируемых отходов	–	284,77	–
Изопентан, отработанный при получении катализатора на основе оксида кремния, содержащего силилхромат и оксид алюминия	3	Удаление растворителей из смесителя в процессе получения катализатора	Использование для получения котельного топлива	–	671,63	–
Отходы механической очистки сточных вод, загрязненных при получении хроморганических катализаторов для производства полиэтилена	2	Зачистка емкостей от шлама, образующегося при отстаивании промливневых стоков с установки производства хроморганических катализаторов полимеризации этилена и отстаивании пропарочной воды от производства хромоцена	Размещение на полигоне для захоронения твёрдых неутилизируемых отходов	–	10,23	–
Отходы зачистки оборудования (смесителей) при синтезе силилхромата	2	Регламентная зачистка смесителей от шлама, образующегося в процессе синтеза силилхромата	Размещение на полигоне для захоронения твёрдых неутилизируемых отходов	–	57,09	–

Таблица 4.98 — Отходы, образующиеся при производстве катализаторов «хромоцен на силикагеле» (S-9)

Наименование	Класс опасности	Источник образования	Способ утилизации, обезвреживания, размещения	Масса образующихся отходов производства в расчете на тонну продукции, кг/т		
				Диапазон		Среднее значение
				Минимальное значение	Максимальное значение	
Отходы зачистки оборудования получения катализатора на основе оксида кремния, содержащего хромоцен	2	Регламентная зачистка аппаратов от шлама катализаторного с пониженной активностью	Размещение на полигоне для захоронения твёрдых неутилизируемых отходов	–	845,20	–
Растворители на основе толуола и изопентана, отработанные при получении катализатора на основе оксида кремния, содержащего хромоцен	3	Удаление смеси растворителей из емкости при получении катализатора	Использование для получения котельного топлива	–	24332,75	–
Отходы зачистки фильтров очистки хромоцена после пропарки при синтезе хромоцена	2	Регламентная операция процесса синтеза хромоцена по пропарке фильтра для дезактивации остатков хромоцена и их зачистка от шлама	Размещение на полигоне для захоронения твердых неутилизируемых отходов	–	550,12	–
Цеолит, отработанный при осушке газов, в том числе углеводородных	4	Регламентная замена молекулярных сит процесса осушки углеводородов, азота, водорода	Размещение на полигоне для захоронения твёрдых неутилизируемых отходов	–	41,82	–
Керамические изделия прочие, утратившие потребительские свойства, незагрязненные	5	Физический износ колец Рашига при крекинге дициклопентадиена; при отгонке растворителей	Размещение на полигоне для захоронения твердых неутилизируемых отходов	–	29,66	–

Окончание таблицы 4.98

Наименование	Класс опасности	Источник образования	Способ утилизации, обезвреживания, размещения	Масса образующихся отходов производства в расчете на тонну продукции, кг/т		
				Диапазон		Среднее значение
				Минимальное значение	Максимальное значение	
Отходы растворителей на основе толуола и тетрагидрофурана при промывке оборудования синтеза хромоцена	3	Регламентная промывка оборудования при синтезе хромоцена	Использование для получения котельного топлива	–	9298,64	–
Водяной конденсат пропарки оборудования фильтрации хромоцена	4	Пропарка фильтра фильтрации хромоцена пароводяной смесью для дезактивации остатков хромоцена и удаления углеводородов	Использование для получения котельного топлива	–	29522,54	–
Отходы минеральных масел компрессорных	3	Процесс замены масла в колонне крекинга	Использование для получения котельного топлива	–	2075,92	–

Таблица 4.99 — Отходы, образующиеся при производстве катализаторов каталитического крекинга, катализаторов гидроочистки дизельного топлива и вакуумного газойля, катализаторов гидрокрекинга вакуумного газойля, реактивированных катализаторов гидроочистки в составе единого комплекса

Наименование	Класс опасности	Источник образования	Способ утилизации, обезвреживания, размещения	Масса образующихся отходов производства в расчете на тонну продукции, кг/т		
				Диапазон		Среднее значение
				Минимальное значение	Максимальное значение	
Отходы очистки вод систем оборотного водоснабжения в производствах химических веществ и химических продуктов	3	При очистке сточных вод на блоке обратного осмоса ЛОС	Передача на размещение специализированной организации	–	77,18	–
Осадок осветления воды системы оборотного водоснабжения производств неорганических химических веществ и минеральных удобрений	4	При очистке сточных вод на узле обезвоживания шлама ЛОС (кек)	Передача на размещение специализированной организации	–	35,040	–

Раздел 5 Производство треххлористого фосфора

Хлорид фосфора (III) (фосфор треххлористый, фосфора хлорид, фосфора (III) хлорид, фосфора трихлорид, химическая формула PCl_3) производится в виде бесцветной прозрачной жидкости, дымящей во влажном воздухе.

Треххлористый фосфор применяют для производства фосфорной кислоты, органических фосфитов, хлорокиси фосфора, пятихлористого фосфора.

Треххлористый фосфор получают хлорированием желтого фосфора.

5.1 Описание технологических процессов, используемых в производстве треххлористого фосфора

Промышленный способ получения треххлористого фосфора — взаимодействие хлора с желтым фосфором в растворе треххлористого фосфора.

Процесс идет с высокой скоростью и большим выделением тепла при температуре 76 °С — 86 °С по следующей реакции:

$$2P + 3Cl_2 \rightarrow 2PCl_3.$$

При наличии в хлоре кислорода происходит частичное окисление треххлористого фосфора с образованием хлорокиси фосфора:

$$2PCl_3 + O_2 \rightarrow 2POCl_3.$$

Основные стадии процесса:

– прием, хранение и выдача желтого фосфора;

– хлорирование желтого фосфора;

– перегонка треххлористого фосфора и разложение кубового остатка.

Технологическая схема производства приведена на рисунке 5.1.

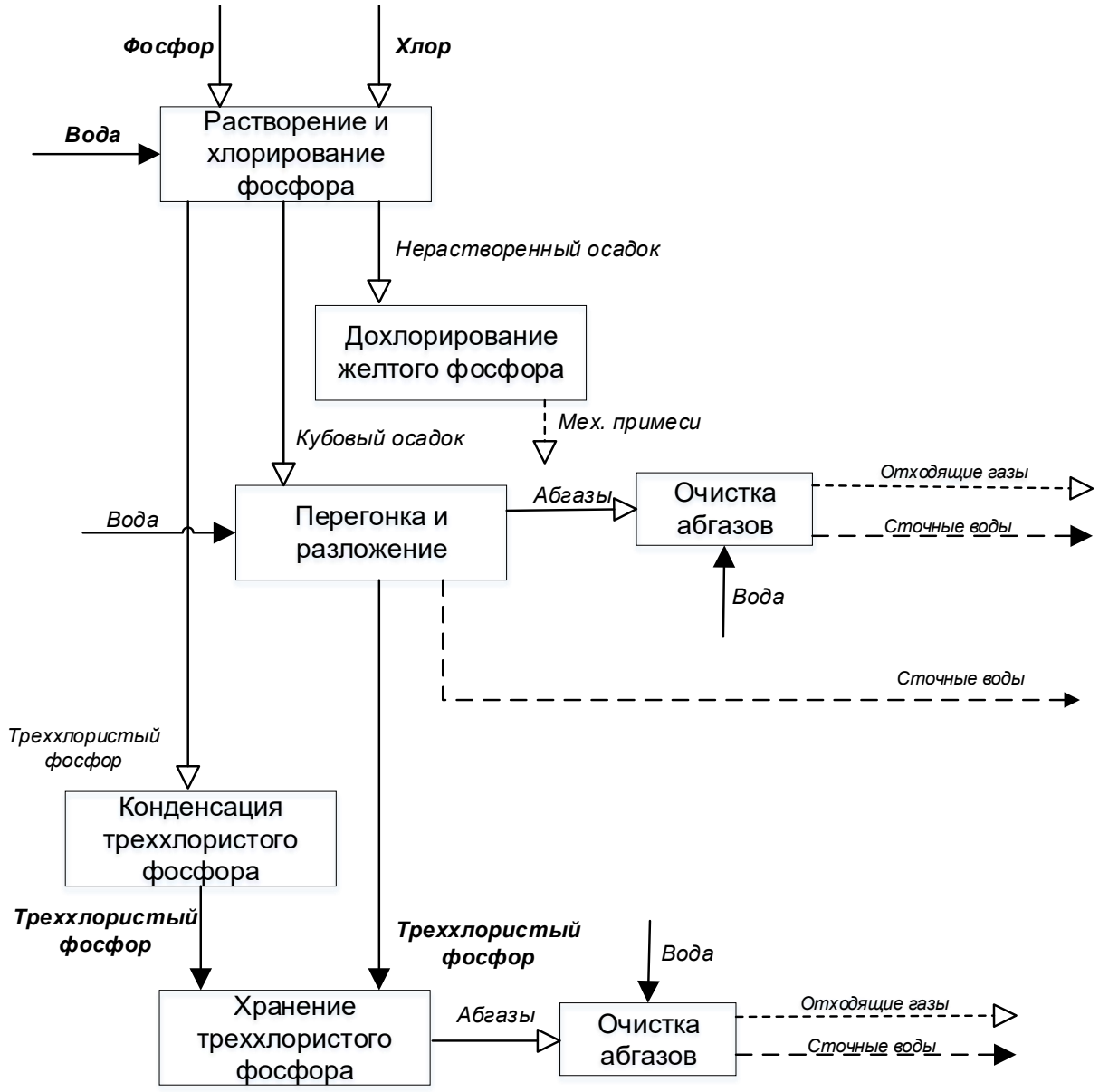


Рисунок 5.1 — Принципиальная схема получения треххлористого фосфора

5.1.1 Прием, хранение и выдача желтого фосфора

Желтый фосфор поступает в железнодорожной цистерне, снабженной рубашкой. Фосфор находится в цистернах под слоем воды. Перед началом приема фосфора в приемные емкости его разогревают подачей пара в рубашку железнодорожной цистерны и подачей острого пара вовнутрь цистерны.

Жидкий желтый фосфор из цистерны с помощью азота передавливается в приемные емкости с рубашками змеевикового типа.

Желтый фосфор в емкостях хранится в расплавленном состоянии под слоем воды.

По мере необходимости расплавленный фосфор из емкостей азотом передавливается в приемники фосфора, откуда периодически передавливается азотом в растворитель.

Абгазы из железнодорожной цистерны, приемных емкостей, промежуточных емкостей, емкости надфосфорной воды, приемников направляются в санитарную колонну с насадкой из колец Рашига (50 х 50), орошаемую водой.

Кислые стоки, содержащие фосфорную кислоту, из санитарной колонны выбрасываются в приямок сточных вод, а затем в минеральную канализацию.

5.1.2 Хлорирование желтого фосфора

Фосфор из приемника поступает в растворитель, где происходит его растворение в треххлористом фосфоре.

Из растворителя раствор фосфора в треххлористом фосфоре непрерывно подается в хлоратор. Избыток реакционной массы из хлоратора по линии перетока возвращается в растворитель.

Хлор из хлорного буфера поступает в хлоратор.

Хлорирование фосфора происходит при давлении не более 0,03 МПа и температуре 76 °С — 86 °С, которые регулируют подачей оборотной воды в рубашку хлоратора и рубашку растворителя и расходом хлора на хлорирование.

Образующийся в хлораторе треххлористый фосфор испаряется за счет тепла реакции и в виде паров поступает в дистилляционную колонну с насадкой из колец Рашига (50 × 50). Часть паров треххлористого фосфора, поднимаясь по колонне, конденсируется и стекает обратно в хлоратор, смывая механически унесенный фосфор.

Несконденсировавшиеся пары треххлористого фосфора поступают в кожухотрубный дефлегматор оросительного типа, охлаждаемый оборотной водой. Конденсат поступает из дефлегматора в фазоразделитель. Часть жидкого треххлористого фосфора идет на орошение колонны, а другая отводится в промежуточный сборник готового продукта.

5.1.3 Перегонка треххлористого фосфора и разложение кубового остатка

Перегонка треххлористого фосфора производится в перегонном кубе, представляющем собой вертикальный цилиндрический аппарат со сферическими днищем и сферической крышкой. Пары треххлористого фосфора из перегонного куба поступают в дистилляционную колонну с насадкой из колец Рашига (50 × 50), где часть их конденсируется и стекает обратно в перегонный куб.

Очищенные от примесей пары с температурой 76 °С — 86 °С конденсируются и охлаждаются в кожухотрубном дефлегматоре, орошаемом оборотной водой.

Сконденсировавшийся треххлористый фосфор из холодильника-конденсатора через фазоразделитель возвращается в растворитель или направляется в емкость готового продукта.

Конец отгонки треххлористого фосфора определяется по падению температуры паровой фазы. Затем остатки треххлористого фосфора разлагаются горячей водой, подаваемой вовнутрь аппарата по сифону, и зачищают оборудование.

Отходы зачистки оборудования при производстве фосфорной кислоты и прочих фосфорных неорганических соединений выгружаются из аппарата на поддон, загружаются в бочки и вывозятся на полигон захоронения промышленных отходов.

Осадок, содержащий желтый фосфор, из реакторов хлорирования накапливается в емкостях хранения желтого фосфора в количестве не более 1 загрузки, затем возвращается в хлораторы на дохлорирование. После срабатывания желтого фосфора мехпримеси со стадии дохлорирования выгружаются и обрабатываются известняком. Отходы синтеза треххлористого фосфора, обработанные известняком, направляются на полигон захоронения промышленных отходов.

Абгазы после холодильника через фазоразделитель отводятся в нижнюю часть графитовых колонн с насадкой из фторопластовых колец (50 × 50), орошаемых оборотной водой. Сюда же поступают абгазы при разложении остатков треххлористого фосфора из перегонного куба.

Сточные воды из санитарных колонн сбрасываются в минеральную канализацию.

Описание технологического процесса приведено в таблице 5.1, перечень основного оборудования — в таблице 5.2.

Таблица 5.1 — Описание технологического процесса производства треххлористого фосфора

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Продукты и полупродукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Фосфор Азот	Прием, хранение и выдача желтого фосфора	Фосфор	Абгазы	Емкости	
Хлор	Прием хлора в хлорный буфер	Хлор		Хлорный буфер	
Фосфор Хлор Вода	Растворение фосфора	Раствор фосфора в треххлористом фосфоре		Растворитель	

Продолжение таблицы 5.1

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Продукты и полупродукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Раствор фосфора в треххлористом фосфоре	Хлорирование фосфора	Треххлористый фосфор Кубовый остаток Нерастворенный остаток с примесями желтого фосфора		Хлоратор	
Нерастворенный осадок с примесями желтого фосфора	Дохлорирование желтого фосфора	Мехпримеси		Хлоратор	
Кубовый остаток Вода	Перегонка и разложение кубового остатка	Треххлористый фосфор	Абгазы Отходы зачистки оборудования Сточные воды	Перегонный куб, дистилляционная колонна, холодильник-конденсатор, фазоразделитель	
Треххлористый фосфор	Конденсация треххлористого фосфора	Треххлористый фосфор на хранение	Абгазы	Дистилляционная колонна, фазоразделитель	
Треххлористый фосфор со стадии конденсации Треххлористый фосфор со стадии перегонки	Хранение треххлористого фосфора	Треххлористый фосфор потребителю	Абгазы	Емкости	
Абгазы Вода	Очистка абгазов		Сточные воды	Санитарные колонны	
Раствор едкого натра Азот Хлор	Нейтрализация хлора с хлорного буфера и коммуникаций	Отработанный раствор щелочи			

Окончание таблицы 5.1

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Продукты и полупродукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Известняк	Возврат осадка содержащего желтый фосфор в производство до полного срабатывания желтого фосфора. После повторной выгрузки обрабатывается известняком		Отходы синтеза треххлористого фосфора, обработанные известняком		

Таблица 5.2 — Перечень основного оборудования производства треххлористого фосфора

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Емкости	Прием, хранение сырья и продуктов	—
Хлорный буфер	Прием хлора	—
Растворитель	Растворение фосфора	—
Хлоратор	Хлорирование фосфора	—
Перегонный куб	Перегонка треххлористого фосфора	Вертикальный цилиндрический аппарат со сферическими днищем и сферической крышкой
Дистилляционные колонны	—	Насадка из колец Рашига 50 × 50
Холодильник-конденсатор	Конденсация треххлористого фосфора	—
Санитарные колонны	Очистка абгазов	Насадка из фторопластовых колец Рашига 50 × 50

5.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду

Нормы расхода сырья и энергоресурсов приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 — Показатели потребления сырья, материальных и энергетических ресурсов при производстве треххлористого фосфора

Наименование ресурсов	Единицы измерения	Расход на 1 т продукции	
		Минимальный	Максимальный
Фосфор желтый	кг/т	230	—
Хлор	кг/т	802	—
Известковое молоко	кг/т	71,94	—
Натр едкий (технический)	кг/т	5	—
Электроэнергия	кВт·ч/т	52	62
Тепловая энергия	Гкал/т	0,36	0,46
Оборотная вода	$м^3$/т	105	135
Техническая вода (речная)	$м^3$/т	6	7
Воздух сжатый осушенный	$нм^3$/т	2,4	—

Характеристика выбросов, сбросов, образующихся при производстве треххлористого фосфора, приведены в таблицах 5.4–5.5.

Сточные воды с санитарных колонн очистки абгазов, с промывки оборудования, со стадии перегонки и разложения треххлористого фосфора, с вакуум-насосов направляются на общезаводскую станцию усреднения и нейтрализации и далее передаются в сторонние организации для обезвреживания.

Отходы зачистки оборудования при производстве фосфорной кислоты и прочих фосфорных неорганических соединений в количестве 0,09 кг/т на 1 т продукции загружаются в бочки и вывозятся на полигон захоронения промышленных отходов.

Отходы синтеза треххлористого фосфора, обработанные известняком в количестве 3,59 кг на 1 т продукции, направляют на полигон промышленных отходов.

Таблица 5.4 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве трехлористого фосфора

Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ кг/т трехлористого фосфора		
		Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее значение
Фосфорный ангидрид (дифосфорпентаоксид)	Колонна насадочная с насадкой из колец Ра-шига (50 × 50), орошает-ся оборотной водой	0,069	0,077	0,073
Хлор		0,0013	0,0014	0,00135
Хлористый водород		0,005	0,006	0,0055
Фосфор трихлорид (фосфор треххлористый)		0,002	0,003	0,0025
Фосфорилхлорид (фосфора хлорокись)		0,0005	0,0006	0,00055

Таблица 5.5 — Сбросы при производстве треххлористого фосфора

Наименование загрязняющего вещества	Направление сбросов	Показатели сбросов загрязняющих веществ, кг/т треххлористого фосфора		
		Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее значение
Фосфаты (по фосфору)	На общезаводскую станцию усреднения и нейтрализации	10,98	12,72	11,85
Хлорид-анион (хлориды)		15,00	19,18	17,09

Раздел 6 Производство специальных видов аммиачной селитры

Помимо аммиачной селитры марки Б по ГОСТ 2-2013, применяемой в качестве удобрения в сельском хозяйстве (описано в ИТС НДТ 2), промышленностью выпускаются следующие виды аммиачной селитры:

– селитра аммиачная водоустойчивая;

– пористая аммиачная селитра (в т. ч. модифицированная пористая аммиачная селитра, селитра аммиачная марки Б с дополнительными техническими характеристиками).

Указанные виды аммиачной селитры применяются в качестве сырья в химической промышленности и для производства взрывчатых веществ, которые, в свою очередь, используются в горнодобывающей, нефтяной, газовой промышленности, строительстве и других отраслях.

В настоящее время указанные виды селитры производятся, в основном, на базе оборудования агрегатов АС-60 и АС-72.

Сырьем для производства селитры служат жидкий или газообразный аммиак и азотная кислота с концентрацией 54% — 60% HNO_3.

6.1 Описание технологических процессов, используемых в производстве специальных видов аммиачной селитры

Технологический процесс производства аммиачной селитры для промышленности включает следующие основные стадии:

– прием и подготовка жидкого или газообразного аммиака;

– прием и подготовка неконцентрированной азотной кислоты;

– нейтрализация азотной кислоты газообразным аммиаком с получением раствора аммиачной селитры;

– донейтрализация раствора аммиачной селитры и введение кондиционирующей добавки;

– упаривание раствора аммиачной селитры до состояния высококонцентрированного плава;

– подготовка и введение порообразующих добавок в плав аммиачной селитры;

– гранулирование плава в башне;

– охлаждение гранул;

– обработка гранул антислеживающими добавками;

– очистка сокового пара, паровоздушной смеси и воздуха, выбрасываемых в атмосферу.

Предварительно подогретые азотная кислота и газообразный аммиак поступают в нижнюю часть аппаратов использования тепла нейтрализации (ИТН), где происходит процесс нейтрализации азотной кислоты газообразным аммиаком.

Процесс нейтрализации азотной кислоты газообразным аммиаком ведется в аппарате ИТН под давлением сокового пара от 5 до 20 кПа или в реакторах нейтрализации под давлением 0,4 МПа с получением раствора аммиачной селитры с массовой долей амселитры от 85% до 92%.

Выходящий из аппаратов ИТН 89–92%-ный раствор NH_4NO_3 имеет избыток азотной кислоты, обеспечивающий полноту поглощения аммиака.

Соковый пар, выходящий из реакционной зоны аппарата ИТН, отмывается от примесей аммиака, аммиачной селитры и азотной кислоты в сепарационной части аппарата ИТН или в скруббере (промывателе) сокового пара закисленным раствором аммиачной селитры и конденсатом сокового пара.

После стадии нейтрализации раствор аммиачной селитры поступает в донейтрализатор, предназначенный для нейтрализации избытка азотной кислоты в растворе и его подщелачивания перед подачей на упаривание.

Упаривание раствора аммиачной селитры до состояния высококонцентрированного плава в зависимости от применяемой технологии осуществляется:

– в одну ступень в выпарном аппарате с падающей пленкой под избыточным давлением, близким к атмосферному, за счет использования теплоты конденсации насыщенного пара и противоточной продувки горячим воздухом; греющий пар подается в межтрубное пространство кожухотрубчатой части выпарного аппарата;

– в выпарном аппарате пленочного типа под вакуумом с получением 96%-ного раствора аммиачной селитры и последующим упариванием в финальном концентраторе.

В плав аммиачной селитры перед смесителем-реактором вводится порообразующая добавка. В смесителе-реакторе происходит перемешивание порообразующей добавки и плава аммиачной селитры.

Процесс гранулирования плава осуществляется в железобетонной или металлической башне. В верхней части гранбашни установлен (-ы) гранулятор (-ы), предназначенный (-ые) для разбрызгивания плава аммиачной селитры по всему сечению полого объема башни. Встречным потоком воздуха, поднимающегося вверх по стволу башни, падающие капли плава охлаждаются и кристаллизуются в виде гранул.

Образовавшиеся гранулы аммиачной селитры из конуса гранбашни через течку поступают на сушку, после чего направляются в аппарат охлаждения гранул аммиачной селитры в кипящем слое (аппарат «КС») или сразу направляются на охлаждение в аппарат «КС». В аппарате «КС» гранулы охлаждаются воздухом, подаваемым под решетки аппарата вентиляторами.

После охлаждения в аппарате «КС» гранулы пористой аммиачной селитры обрабатываются антислеживающей добавкой в барабане. В качестве антислеживающей добавки для обработки гранул применяется смесь высших алифатических аминов с индустриальным маслом. Из барабана гранулы по течке через выгрузочный клапан поступают на охлаждение в односекционный аппарат «КС» или в систему транспортного тракта. По транспортному тракту готовый продукт поступает на упаковку и погрузку.

Схема производства приведена на рисунке 6.1.

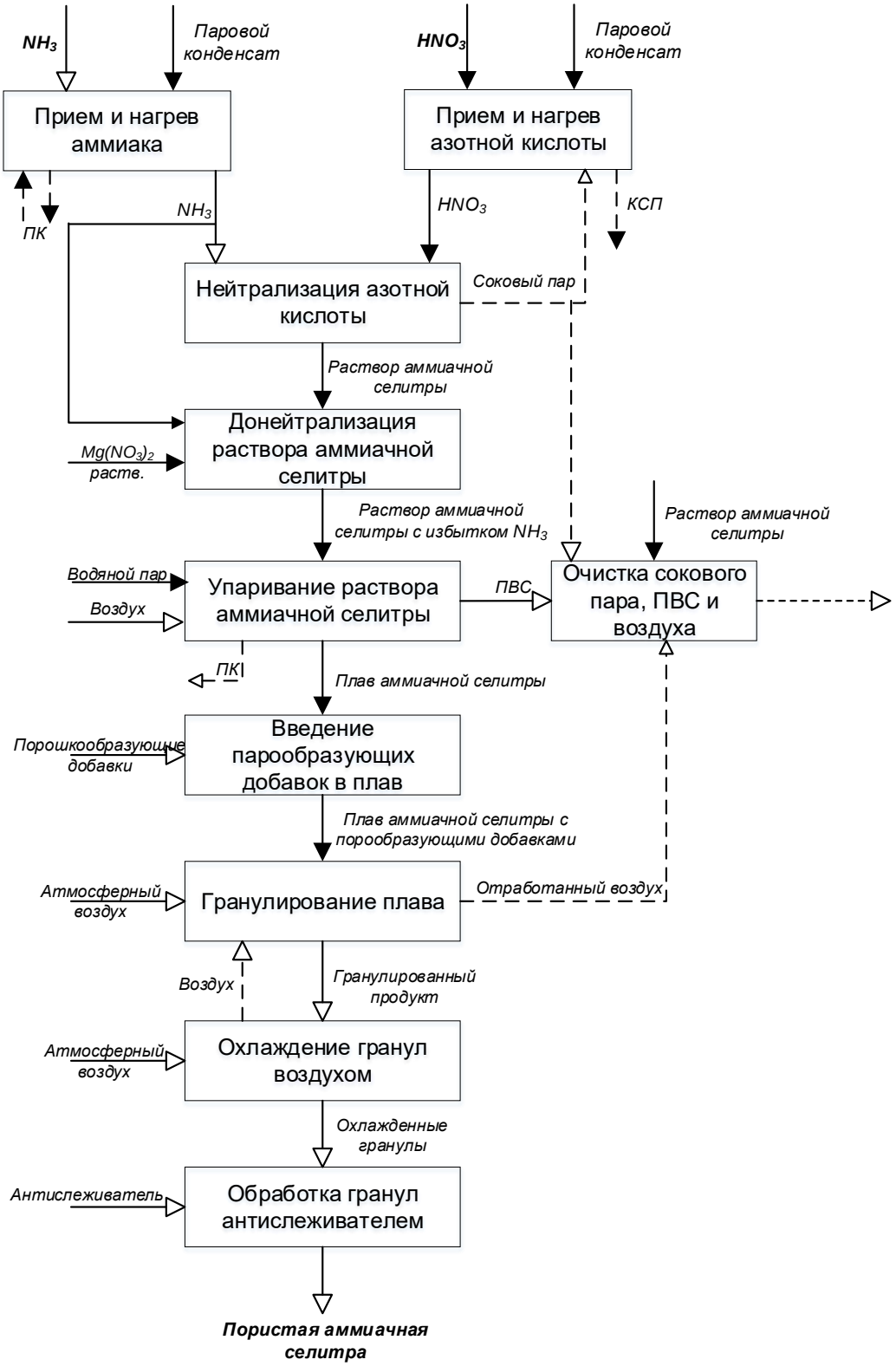


Рисунок 6.1 — Блок-схема получения специальных видов аммиачной селитры

Описание технологического процесса приведено в таблице 6.1, перечень основного оборудования — в таблицах 6.2 и 6.3.

Таблица 6.1 — Описание технологического процесса производства специальных видов аммиачной селитры

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование)
		Продукты и полупродукты	Эмиссии		
Жидкий или газообразный аммиак Паровой конденсат	Прием и нагрев аммиака	Жидкий или газообразный аммиак Паровой конденсат		Отделитель-испаритель, Подогреватель аммиака	
54 % — 60 % азотная кислота Соковый пар	Прием и нагрев азотной кислоты	Нагретая азотная кислота, конденсат сокового пара		Подогреватель азотной кислоты	
Газообразный аммиак Азотная кислота	Нейтрализация азотной кислоты и получение раствора аммиачной селитры	Раствор аммиачной селитры Соковый пар	Соковый пар	Аппарат ИТН (использование тепла нейтрализации) Реактор нейтрали-зации	
Раствор АС Аммиак Добавка раствора $Mg(NO_3)_2$	Донейтрализация раствора аммиачной селитры до pH=5,5–6 и смешение с кондиционирующей добавкой	Раствор АС с избытком NH_3 в выпарной аппарат Соковый пар		Донейтрализатор	
Раствор АС Атмосферный воздух Водяной пар	Упаривание раствора АС до состояния высококонцентрированного плава	Плав АС Смесь воздуха и сокового пара (ПВС) Паровой конденсат	Паровоздушная смесь	Выпарной аппарат пленочного типа, нагнетатель воздуха, подогреватель воздуха, насос для перекачивания плава на гранбашню (в агрегатах АС-72)	
Плав АС Порообразующие добавки	Подготовка и введение порообразующих добавок	Плав АС с порообразующими добавками		Емкости, смесители, дозировочные насосы	

Окончание таблицы 6.1

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование)
		Продукты и полупродукты	Эмиссии		
Атмосферный воздух Гранулированный продукт из башни	Охлаждение гранул	Охлажденный поток гранул Нагретый воздух	Воздух с примесями NH_4NO_3	Аппараты охлаждения в «кипящем слое», вентиляторы	
Охлажденные гранулы Антислеживающие добавки	Обработка гранул антислеживающими добавками перед упаковкой в тару	Продукт на отгрузку		Барабан для обработки гранул, Транспортеры пересыпочные Классификатор Складское оборудование Вентиляционные отсосы Циклоны для улавливания пыли перед выбросом в атмосферу	
Отработанный воздух из гранбашни, ПВС из выпарного аппарата Соковый пар из отделения нейтрализации Раствор АС	Очистка сокового пара, паровоздушной смеси и воздуха из гранбашни	Выхлопные газы в атмосферу Раствор АС	NH_3, NH_4NO_3		Скруббер-промыватель

Таблица 6.2 — Основное технологическое оборудование производства специальных видов аммиачной селитры

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики
Подогреватель азотной кислоты	Нагрев азотной кислоты	Вертикальный или горизонтальный кожухотрубчатый теплообменник В трубное пространство поступает азотная кислота, в межтрубное — соковый пар из ИТН

Продолжение таблицы 6.2

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики
Испаритель аммиака	Испарение жидкого аммиака	Тип — кожухотрубчатый Внутренний диаметр кожуха — 1700 мм, длина труб — 6096 мм, диаметр труб — 25,4х2,1 мм Количество труб — 84 шт. Поверхность теплообмена — 8,3 м^2 Длина трубок — 6888 мм
Подогреватель газообразного аммиака	Нагрев аммиака	Вертикальный одноходовой теплообменник В трубное пространство поступает аммиак, в межтрубное — паровой конденсат
Нейтрализатор с использованием тепла реакции с предварительной очисткой сокового пара	Получение раствора аммиачной селитры нейтрализацией азотной кислоты. Предварительная очистка сокового пара	Состоит из реактора с барботерами HNO_3 и NH_3 и промывателя сокового пара с 4 барботажными тарелками. Тип тарелок — колпачковый
Реактор нейтрализации	Получение раствора аммиачной селитры нейтрализацией азотной кислоты	Общая высота — 11705 мм Внутренний диаметр — 4000/2000 мм
Донейтрализатор	Донейтрализация избытка азотной кислоты и создание избытка аммиака перед выпаркой раствора АС	Вертикальный сосуд с барботером NH_3
Нагнетатель воздуха	Подача атмосферного воздуха в выпарной аппарат	Производительность — 20 000–24 000 м^3/ч
Подогреватель воздуха	Нагрев атмосферного воздуха	Горизонтальный теплообменник В трубное пространство поступает воздух, в межтрубное — насыщенный водяной пар
Выпарной аппарат	Выпаривание воды из раствора АС до состояния высококонцентрированного плава	Вертикальный, цилиндрической формы. Состоит из 3 частей: сепарационная, трубчатая, тарельчатая части. Аппарат пленочного типа
Концентратор	Получение высококонцентрированного плава АС	Общая высота — 15,735 м Объем труб — 32 м^3 Объем кожуха — 12,25 м^3 Внутренний диаметр — 1900 мм
Донейтрализатор	Нейтрализация плава после выпарки с созданием избытка аммиака	Вертикальный сосуд с барботером NH_3

Окончание таблицы 6.2

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Технологические характеристики
Гранулятор плава АС	Разбрызгивание плава в башне с узким факелом	Производительность гранулятора — 27–65 т/ч
Гранулятор плава АС	Разбрызгивание плава в башне с узким факелом	Производительность гранулятора — 15–30 т/ч
Гранулятор плава АС	Разбрызгивание плава в башне с узким факелом	Производительность гранулятора — 15–30 т/ч
Аппарат для охлаждения гранул в КС	Охлаждение горячих гранул из башни	Аппарат прямоугольной или цилиндрической формы с воздухораспределительными решетками.
Вентиляторы	Подача атмосферного воздуха в аппарат охлаждения гранул	Производительность — 70–120 тыс. $м^3$/ч
Аппарат для обработки гранул антислеживателем	Обработка гранул антислеживателем	Барабан диаметром 1200 мм

Таблица 6.3 — Природоохранное оборудование производства специальных видов аммиачной селитры

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Скруббер-промыватель	Глубокая очистка ПВС от NH_3 и NH_4NO_3 перед сбросом в атмосферу	Скруббер с ситчатыми тарелками, фильтрующие элементы на основе фторина

6.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при производстве специальных видов аммиачной селитры

Нормы расходов материальных и энергетических ресурсов при производстве пористой и водоустойчивой аммиачной селитры приведены в таблицах 6.4 и 6.5 соответственно.

Таблица 6.4 — Показатели потребления сырья, материальных и энергетических ресурсов при производстве пористой аммиачной селитры

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Аммиак (100% NH_3)	кг/т	213	215
Кислота азотная неконцентрированная (100% HNO_3)	кг/т	787	795
Электроэнергия	кВт·ч/т	24,6	43,0
Пар	Гкал/т	0,08	0,165

Таблица 6.5 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве водоустойчивой аммиачной селитры

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Аммиак газообразный (100% NH_3)	кг/т	—	215
Кислота азотная неконцентрированная (100% HNO_3)	кг/т	—	794
Электроэнергия	кВт·ч/т	—	24,7
Пар	Гкал/т	—	0,167

Характеристика выбросов, сбросов при производстве специальных видов аммиачной селитры приведены в таблицах 6.6 и 6.7. Отходы производства представлены отработанными фильтровальными материалами, которые утилизируются или размещаются на специализированных полигонах.

Таблица 6.6 — Выбросы в атмосферу при производстве специальных видов аммиачной селитры

Наименование	Метод очистки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ в расчете на 1 т продукции, кг/т		
		Минимальное	Максимальное	Среднее
NH_4NO_3	Мокрая очистка слабым раствором аммиачной селитры, фильтрующие элементы, циклоны	0,01	2,27	1,14
NH_3		0,0009	0,13	0,07

Таблица 6.7 — Сбросы загрязняющих веществ при производстве специальных видов аммиачной селитры

Наименование	Направление сбросов (в водный объект, в системы канализации)	Объем и (или) масса сбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на 1 т продукции, кг/т		
		Минимальное	Максимальное	Среднее
Аммоний-ион (NH_4+)	Канализационная сеть предприятия	0,00005	0,09	0,045
Нитрат-анион (NO_3-)		0,009	0,46	0,235

Раздел 7 Производство технических солей и реактивов

7.1 Производство алюминия азотнокислого 9-водного

Алюминий азотнокислый 9-водный (нонагидрат нитрата алюминия, химическая формула $Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$) выпускается промышленностью в виде бесцветных кристаллов ромбовидной формы, обладающих высокой гигроскопичностью.

Алюминий азотнокислый 9-водный имеет широкую область применения:

– в текстильной промышленности водный раствор и нонагидрат используются в качестве протравы в процессе окрашивания тканей;

– в нефтяной отрасли используется в качестве катализатора при очистке нефти;

– в литейной промышленности в процессе приготовления смеси для формования;

– как реагент для защиты от коррозии;

– в экстрактно-кожевенной промышленности, в ядерной физике и при производстве изоляционных бумажных материалов, нагревательных элементов, антиперспирантов и нитей накаливания.

Азотнокислый алюминий получают следующими способами:

– растворением гидроксида алюминия (оксида алюминия) в азотной кислоте;

– обменным разложением сульфата алюминия;

– обменным разложением квасцов с цитратом свинца.

7.1.1 Описание технологических процессов, применяемых при производстве алюминия азотнокислого 9-водного

Процесс производства алюминия азотнокислого 9-водного состоит из следующих основных стадий (см. таблицу 7.1):

– растворение песка тригидрата оксида алюминия в азотной кислоте, фильтрация раствора;

– упаривание раствора азотнокислого алюминия;

– – кристаллизация алюминия азотнокислого 9-водного;

– – центрифугирование кристаллов алюминия азотнокислого 9-водного;

– фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка;

– сбор и утилизация стоков.

Принципиальная технологическая схема приведена на рисунке 7.1.

Перечень основного технологического оборудования производства алюминия азотнокислого 9-водного приведен в таблице 7.2.

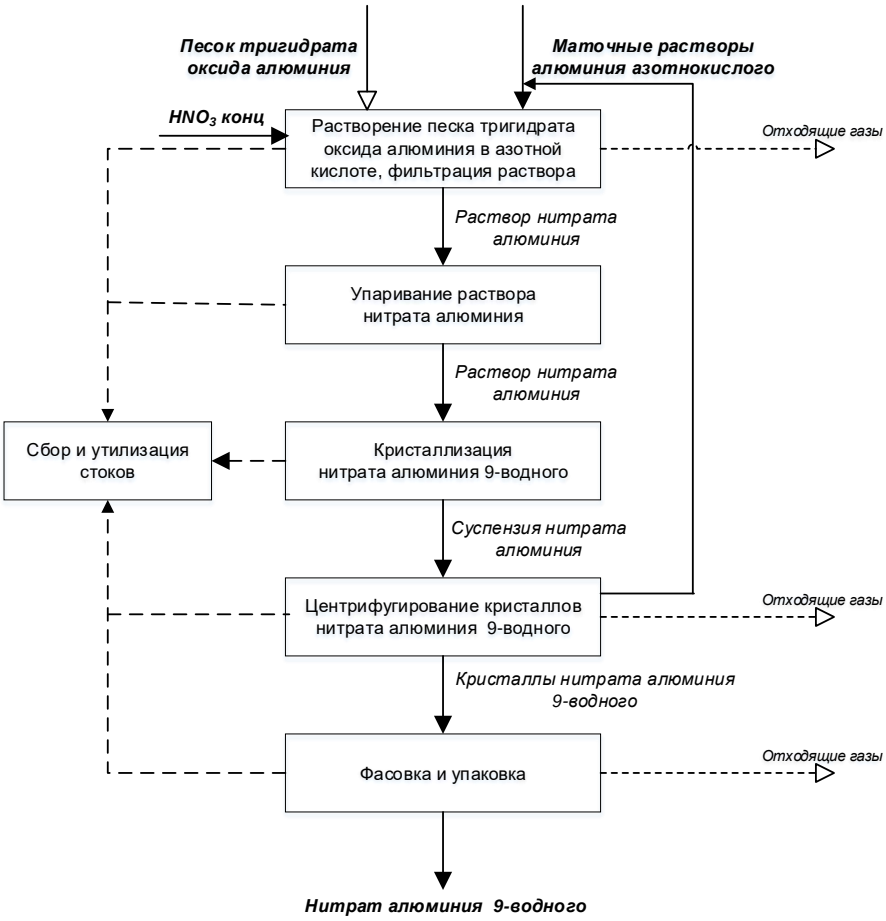


Рисунок 7.1 — Производство алюминия азотнокислого 9-водного

Растворение песка тригидрата оксида алюминия в азотной кислоте

Получение раствора нитрата алюминия основано на обработке тригидрата оксида алюминия азотной кислотой:

$$Al_2O_3 \cdot 3H_2O + 6HNO_3 \rightarrow 2Al(NO_3)_3 + 3H_2O.$$

Растворение песка тригидрата окиси алюминия в растворе азотной кислоты проводят в реакторе из нержавеющей стали в течение 6 часов при температуре 80÷90 °С до определенных показателей раствора: массовая концентрация алюминия азотнокислого 9-водного должна составлять 700÷800 г/дм^3, массовая концентрация свободной азотной кислоты — 10÷15 г/дм^3. Полученный раствор фильтруют с помощью вакуума на нутч-фильтре.

Упаривание раствора азотнокислого алюминия

Упаривание раствора проводят при кипячении и последующей его подпиткой до достижения плотности раствора 1420÷1430 кг/м^3, замеряемой при температуре 90÷100 °С. Упаренный раствор поступает на стадию кристаллизации.

Кристаллизация алюминия азотнокислого 9-водного

Кристаллизацию алюминия азотнокислого 9-водного из упаренного раствора проводят в кристаллизаторе, снабженном мешалкой, барабаном водяного охлаждения и прибором измерения температуры.

Упаренный раствор сначала охлаждают естественным путем, затем охлаждают до температуры 20÷25 °С.

Центрифугирование кристаллов алюминия азотнокислого 9-водного

Суспензию алюминия азотнокислого разделяют на центрифуге, маточный раствор направляют в начало технологического процесса — на стадию получения раствора нитрата алюминия.

Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка

Отделенные при помощи центрифуги кристаллы алюминия азотнокислого 9-водного фасуют, анализируют и упаковывают.

Сбор и утилизация стоков

Замывные воды от замывки фильтровальных полотен, от мытья полов и лабораторной посуды, избыток конденсата из замывной емкости самотеком сливаются в отстойник, а из него осветленные алюминийсодержащие сточные воды самотеком поступают на локальную установку по обработке алюминийсодержащих сточных вод.

Таблица 7.1 — Описание технологического процесса производства алюминия азотнокислого 9-водного

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Песок тригидрата окиси алюминия, кислота азотная, маточные растворы алюминия азотнокислого	Растворение песка тригидрата оксида алюминия в азотной кислоте, фильтрация раствора	Раствор алюминия азотнокислого	Оксиды азота, пыль соли алюминия	Емкостное оборудование	—
Раствор алюминия азотнокислого	Упаривание раствора азотнокислого алюминия	Раствор алюминия азотнокислого	—	Емкостное оборудование	—
Раствор алюминия азотнокислого	Кристаллизация алюминия азотнокислого 9-водного	Суспензия алюминия азотнокислого	—	Емкостное, теплообменное оборудование	—
Суспензия алюминия азотнокислого	Центрифугирование кристаллов алюминия азотнокислого 9-водного	Кристаллы алюминия азотнокислого 9-водного, маточный раствор алюминия азотнокислого	Пыль солей алюминия	Центрифуга	—

Окончание таблицы 7.1

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Кристаллы алюминия азотнокислого 9-водного	Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка	Готовый продукт	Пыль солей алюминия	Фасовочная машина	—
Замывные воды	Сбор и утилизация стоков	Осветленные алюминий содержащие сточные воды, осадок	—	Емкостное оборудование	—

Таблица 7.2 — Основное технологическое оборудование производства алюминия азотнокислого 9-водного

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Мерник	Производство алюминия азотнокислого 9-водного	V=1,0 м^3, чугун, эмаль
Сборник		V=5,0 м^3, нерж. сталь
Реактор		V=2,0 м^3, нерж. сталь, $N_{дв.}$ = 3 кВт
Нутч-фильтр		F=0,6–1,5 м^2, нерж. сталь
Сборник		V=5,0–6,0 м^3, нерж. сталь
Реактор		V=2,0 м^3, нерж. сталь, $N_{дв.}$ = 3 кВт
Вакуум-насос ВВН-3		Q=3 м^3/мин, сборный
Теплообменник		F=22,0 м^2, сталь 3
Сборник конденсата		V= 3,0–6,3 м^3, нерж. сталь
Вакуум-ловушка		V=0,63 м^3, нерж. сталь
Кристаллизатор		V=1,0 м^3, нерж. сталь
Вакуум-насос ВВН-6		Q=6 м^3/мин, сборный
Вакуум-ловушка		V=1,6 м^3, нерж. сталь
Центрифуга ФНГ-633К-01		P=40–140 кг, нерж. сталь
Сборник стоков		V=6,3 м^3, нерж. сталь
Теплообменник		F=4–40 м^2, нерж. сталь
Замывная емкость		V=0,4–0,8 м^3, нерж. сталь
Отстойник		V=0,15 м^3, нерж. сталь
Вентиляционная система (вентилятор)		Энергопотребление 25,7–110,8 кВт·ч/т продукции

7.1.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду

Нормы расхода сырья и энергоресурсов при производстве алюминия азотнокислого 9-водного приведены в таблице 7.3.

Таблица 7.3 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве алюминия азотнокислого 9-водного

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Песок тригидрата оксида алюминия (влажный) в перерасчете на алюминий тригидрат оксид	кг/т	–	233,8 210,9
Кислота азотная неконцентрированная	кг/т	–	964,6
Сода кальцинированная техническая	кг/т	–	5,4
Вода обессоленная	$м^3$/т	–	0,45
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	688
Пар	Гкал/т	–	9,4

Характеристика выбросов загрязняющих веществ, образующихся при производстве алюминия азотнокислого 9-водного, приведена в таблице 7.4. Сброса сточных вод во внешнюю среду производство алюминия азотнокислого 9-водного не имеет. Очищенные на локальных установках сточные воды передаются на станцию нейтрализации стороннего предприятия. Отходы, образующиеся при производстве алюминия азотнокислого 9-водного, приведены в таблице 7.5.

Таблица 7.4 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве алюминия азотнокислого 9-водного

Источники выбросов	Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на 1 т продукции, кг/т		
			Диапазон		Среднее значение
			минимальное значение	максимальное значение	
Реактора, нутч-фильтры	Азота диоксид	—	—	0,0776	—
Реактора, нутч-фильтры	Азота оксид	—	—	0,0126	—
Реактора, центрифуги, фасовка	Соли алюминия (в пересчете на алюминий)	—	—	0,0453	—

Таблица 7.5 — Отходы, образующиеся при производстве алюминия азотнокислого 9-водного

Наименование	Класс опасности	Источник образования	Способ утилизации, обезвреживания, размещения	Масса образующихся отходов производства в расчете на 1 т продукции, кг/т		
				Диапазон		Среднее значение
				Минимальное значение	Максимальное значение	
Ткани фильтровальные из разнородных материалов в смеси, загрязненные нерастворимыми или малорастворимыми минеральными веществами	—	—	Захоронение	—	0,000770	—

7.2 Производство висмута (III) хромовокислого основного водного

Висмут (III) хромовокислый основной водный (гидрат гидроксида хромата висмута (III), химическая формула $BiCrO_4OH \cdot nH_2O$), выпускается промышленностью в виде кристаллического желтого порошка с оранжевым или коричневым оттенком, растворимого в кислотах.

Висмут (III) хромовокислый основной водный применяется в лабораторной практике и для спеццелей.

7.2.1 Описание технологических процессов, применяемых при производстве висмута (III) хромовокислого основного водного

Процесс производства висмута (III) хромовокислого основного водного состоит из следующих основных стадий (см. таблицу 7.6):

– грануляция висмута металлического (получение висмута в виде губки);

– приготовление исходного раствора висмута азотнокислого и его фильтрация;

– приготовление исходного раствора бихромата калия и его фильтрация;

– синтез висмута (III) хромовокислого основного водного;

– отмывка и отжим осадка висмута (III) хромовокислого основного водного;

– сушка и измельчение висмута (III) хромовокислого основного водного;

– фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка;

– сбор и утилизация стоков.

Принципиальная технологическая схема приведена на рисунке 7.2.

Основное технологическое оборудование производства висмута (III) хромовокислого основного водного приведено в таблице 7.7.

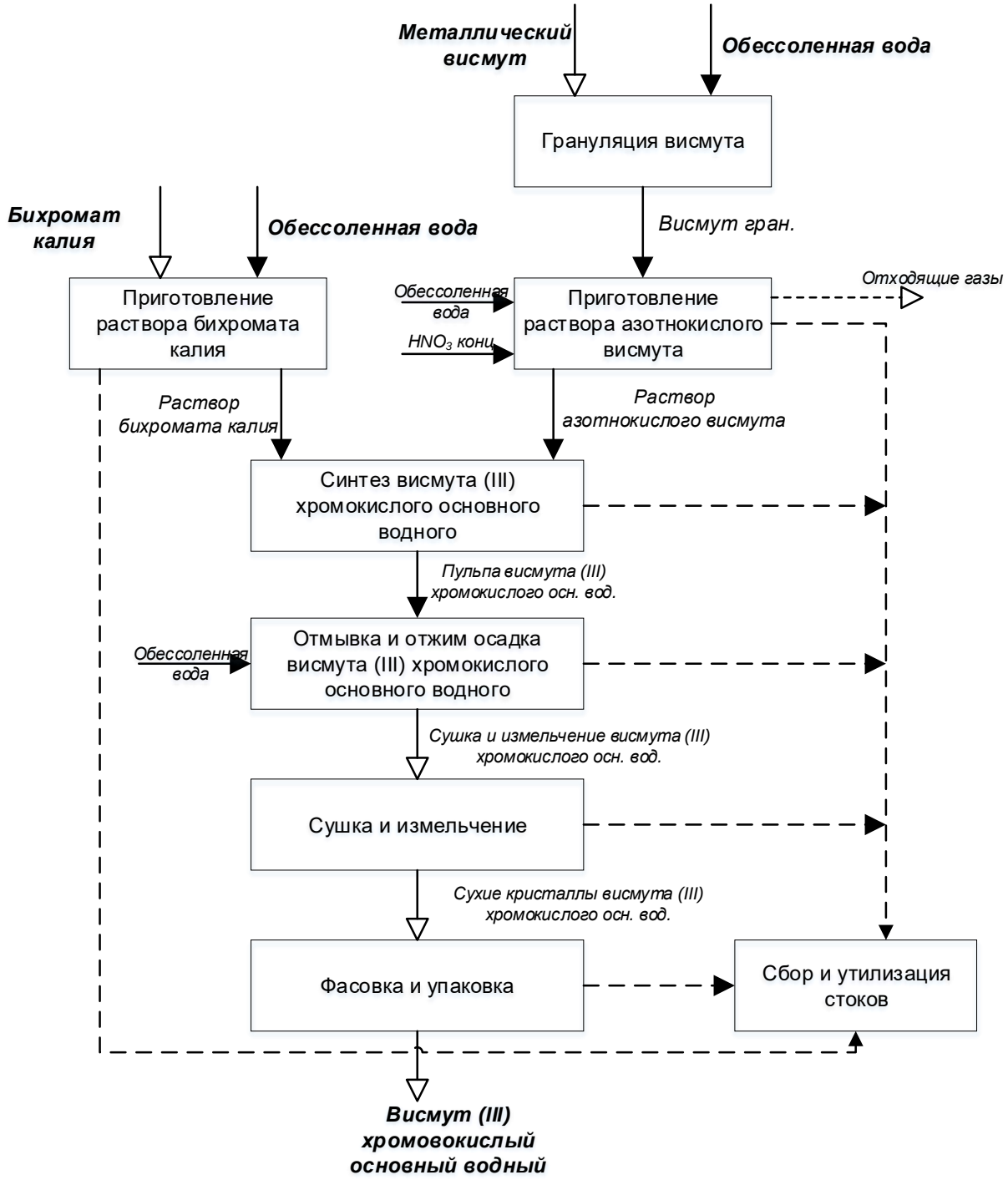


Рисунок 7.2 — Производство висмута (III) хромовокислого основного водного

Грануляция висмута металлического (получение висмута в виде губки)

Гранулированный висмут получают путем плавления висмута металлического в муфельной электропечи при температуре 350 °С и подачи расплава в чашу, заполненную водой.

Приготовление исходного раствора висмута азотнокислого и его фильтрация

Приготовление исходного раствора висмута азотнокислого осуществляют путем растворения висмута гранулированного в азотной кислоте при температуре 75±5 °С до достижения плотности 1500–1650 кг/м^3 с последующей фильтрацией.

Приготовление исходного раствора бихромата калия и его фильтрация

Расчетное количество бихромата калия растворяют в обессоленной воде при температуре 55±5 °С с последующей фильтрацией.

Синтез висмута (III) хромовокислого основного водного

Висмут (III) хромовокислый основной водный получают при температуре 45±5 °С путем подачи раствора висмута азотнокислого в раствор бихромата калия. Синтез проводят до достижения полноты осаждения висмута (III) хромовокислого основного водного.

Отмывка и отжим осадка висмута (III) хромовокислого основного водного

Пульпу висмута (III) хромовокислого основного водного фильтруют, осадок отмывают обессоленной водой до pH = 5-6, от отмытого и отжатого осадка висмута (III) хромовокислого основного водного отбирают среднюю пробу и проверяют величину pH водной вытяжки. Маточный раствор и промывные воды направляют на установку обезвреживания хромсодержащих стоков.

Сушка и измельчение висмута (III) хромовокислого основного водного

Отмытый и отжатый осадок висмута (III) хромовокислого основного водного сушат на противнях в паровой сушилке при температуре 105±5 °С, сушку продолжают до достижения требуемых норм, затем его просеивают через сито.

Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка

Готовый продукт, сухие кристаллы висмута (III) хромовокислого основного водного, фасуют, анализируют и упаковывают.

Сбор и утилизация стоков

Маточный раствор, промывные и замывные воды поступают на локальную установку по обработке хромсодержащих сточных вод.

Таблица 7.6 — Описание технологического процесса производства висмута (III) хромовокислого основного водного

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Висмут металлический, вода обессоленная	Грануляция висмута металлического (получение висмута в виде губки)	Гранулированный висмут	—	Емкостное оборудование	

Окончание таблицы 7.6

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Гранулированный висмут, азотная кислота, вода обессоленная	Приготовление исходного раствора висмута азотнокислого и его фильтрация	Отфильтрованный раствор висмута азотнокислого	Оксиды азота	Емкостное оборудование, друк-фильтр	
Бихромат калия, вода обессоленная	Приготовление исходного раствора бихромата калия и его фильтрация	Раствор бихромата калия	—	Емкостное оборудование	
Отфильтрованный раствор висмута азотнокислого, раствор бихромата калия	Синтез висмута (III) хромовокислого основного водного	Пульпа висмута (III) хромовокислого основного водного	—	Емкостное оборудование	
Пульпа висмута (III) хромовокислого основного водного	Отмывка и отжим осадка висмута (III) хромовокислого основного водного	Влажные кристаллы висмута (III) хромовокислого основного водного, маточный раствор, промывные воды	—	Нутч-фильтр	
Влажные кристаллы висмута (III) хромовокислого основного водного	Сушка и измельчение висмута (III) хромовокислого основного водного	Сухие кристаллы висмута (III) хромовокислого основного водного	—	Паровая сушилка	
Сухие кристаллы висмута (III) хромовокислого основного водного	Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка	Готовый продукт	—	Фасовочная машина	
Замывные воды, маточный раствор, промывные воды	Сбор и утилизация стоков	Осветленные сточные воды	—	Отстойник	

Таблица 7.7 — Основное технологическое оборудование производства висмута (III) хромовокислого основного водного

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Реактор	Производство висмута (III) хромовокислого основного водного	Сталь, эмаль V=0,063 м^3
Друк-фильтр		F=0,06 м^2
Мерник		Сталь, эмаль V= 0,03–0,063 м^3
Сборник		Чугун, эмаль V=0,63 м^3
Реактор		Сталь/чугун, эмаль V=0,4 м^3
Нутч-фильтр		Нерж. сталь/сталь, эмаль F=0,4 м^2, V = 0,2 м^2
Сборник		Сталь, эмаль V = 0,16 м^3
Вакуум-насос ВВН-1,5м		Сборн. Q = 1,5 м^3/ч
Сушилка ШСВ		Q=50 кг
Печь муфельная		Нестанд. сталь огнеупор. кирпич
Чаша		Чугун, эмаль V = 0,1 м^3
Мерник воды обессоленной		Сталь, эмаль V = 0,04 м^3
Сборник-ловушка		Чугун, эмаль V = 0,063 м^3

7.2.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду

Нормы расхода сырья и энергоресурсов при производстве висмута (III) хромовокислого основного водного приведены в таблице 7.8.

Таблица 7.8 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве висмута (III) хромовокислого основного водного

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Висмут	кг/т	–	708,2
Бихромат калия технический	кг/т	–	440
Кислота азотная неконцентрированная	кг/т	–	1996
Бумага фильтровальная	кг/т	–	18,2
Бязь	м/т	–	7,8
Ткань хлориновая	м/т	–	5
Вода обессоленная	м^3/т	–	27,8
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	516
Пар	Гкал/т	–	29

Сброса сточных вод во внешнюю среду производство висмута (III) хромовокислого основного водного не имеет. Очищенные на локальных установках сточные воды передаются на станцию нейтрализации стороннего предприятия.

7.3 Производство соединений железа

В данном разделе описано производство железа (II) сернокислого 7-водного, железа (III) азотнокислого 9-водного, соли Мора. Характеристики этих солей приведены в таблице 7.9

Таблица 7.9 — Характеристики соединений железа

Наименование продукта	Железо (II) сернокислое 7-водное	Железо (III) азотнокислое 9-водное	Соль закиси железа и аммония двойная сернокислая (соль Мора)
Альтернативное наименование продукта	Гептагидрат сульфата железа (II)	Нонагидрат нитрата железа (III)	Гексагидрат сульфата аммония-железа (II)
Химическая формула	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	$Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$	$FeSO_4 \cdot (NH_4)_2SO_4 \cdot 6H_2O$
Внешний вид	Зеленовато-голубые кристаллы	Бесцветные и светло-фиолетовые прозрачные кристаллы	Кристаллы или кристаллический порошок бледно-голубовато-зеленого цвета
Область применения	Применяется в качестве добавки в пищевой промышленности	Применяется для изготовления фотоматериалов, синтеза оксидных катализаторов и в лабораторной практике	Применяется в: – химических и научно-исследовательских лабораториях как удобная форма железа для определения перманганата калия, а также некоторых веществ в больших количествах, например, хрома, ванадия в растворах эфира и этилового спирта; – медицине и фармакологии для восполнения дефицита железа в организме, а также при определении уробилина; – пищевой промышленности в виде пищевой добавки соли для восполнения железа в организме; – деревообрабатывающей промышленности в качестве концентрированного раствора для обработки древесины от гниения.

7.3.1 Описание технологических процессов, применяемых при производстве соединений железа

7.3.1.1 Описание технологических процессов, применяемых при производстве железа (II) сернокислого 7-водного

Процесс производства железа (II) сернокислого 7-водного состоит из следующих основных стадий (см. таблицу 7.10):

– растворение железного купороса в воде и фильтрация полученного раствора;
– упаривание раствора железа (II) сернокислого;
– кристаллизация железа (II) сернокислого 7-водного;
– центрифугирование суспензии кристаллов железа (II) сернокислого 7-водного;
– сушка кристаллов железа (II) сернокислого 7-водного;
– фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка;
– сбор и обработка железосодержащих стоков.

Принципиальная технологическая схема приведена на рисунке 7.3.

Основное технологическое оборудование производства железа (II) сернокислого 7-водного приведено в таблице 7.11.

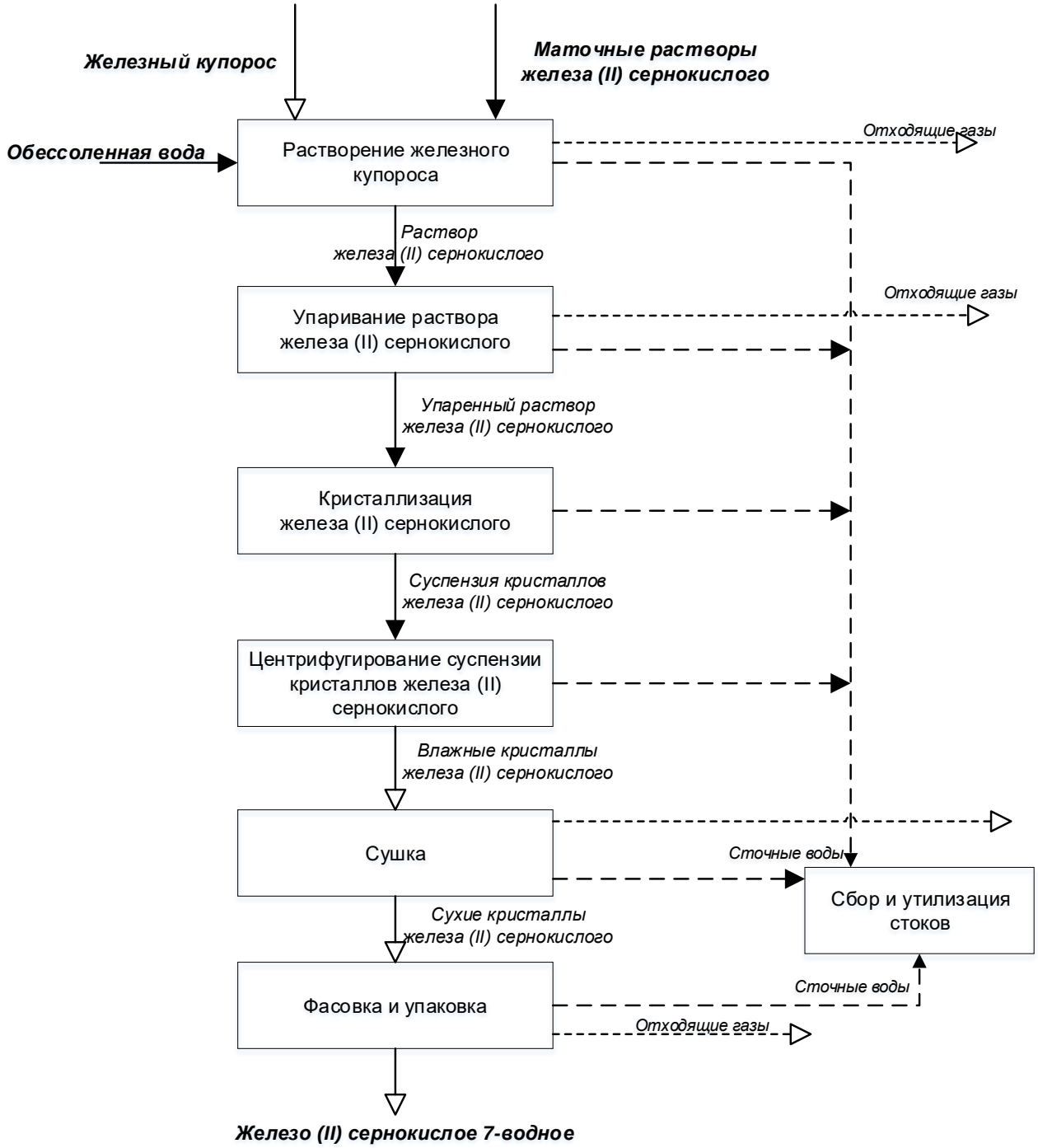


Рисунок 7.3 — Производство железа (II) сернокислого 7-водного

Растворение железного купороса в воде и фильтрация полученного раствора

Растворение железного купороса технического проводят в маточном растворе железа (II) сернокислого и обессоленной воде при pH не более 1, при температуре 95±5 °С до полного растворения кристаллов, полученный раствор фильтруют.

Упаривание раствора железа (II) сернокислого

Упаривание отфильтрованного раствора железа (II) сернокислого ведут до появления пленки кристаллов.

Кристаллизация железа (II) сернокислого 7-водного

Кристаллизацию железа (II) сернокислого 7-водного осуществляют за счет охлаждения суспензии при перемешивании до температуры 20±5 °С.

Центрифугирование суспензии кристаллов железа (II) сернокислого 7-водного

Отделение кристаллов железа (II) сернокислого 7-водного от маточного раствора осуществляют путем отжима на центрифуге. Маточный раствор направляют в начало процесса — на стадию растворения железного купороса технического.

По окончании центрифугирования отбирают пробу для определения массовой доли основного вещества, если массовая доля основного вещества менее нормы, то продукт сушат при комнатной температуре или в сушильном шкафу. Если массовая доля основного вещества соответствует требуемой норме, то пробу готового продукта сдают на определение массовой доли примесей и нерастворимых в воде веществ, в случае несоответствия требованиям проводят повторную перекристаллизацию.

Сушка кристаллов железа (II) сернокислого 7-водного

Сушку кристаллов осуществляют при комнатной температуре либо в сушильном шкафу.

Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка

Готовый продукт — кристаллы железа (II) сернокислого 7-водного — фасуют, контролируют ОТК, анализируют и упаковывают.

Сбор и обработка железосодержащих стоков

Железосодержащие стоки подают на локальную установку очистки стоков для последующей обработки.

Таблица 7.10 — Описание технологического процесса производства железа (II) сернокислого 7-водного

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Железный купорос технический, вода обессоленная, маточный раствор	Растворение железного купороса в воде и фильтрация полученного раствора	Отфильтрованный раствор железа (II) сернокислого 7-водного	Пары серной кислоты, пыль сульфата железа	Емкостное оборудование	
Отфильтрованный раствор железа (II) сернокислого 7-водного	Упаривание раствора железа (II) сернокислого	Упаренный раствор железа (II) сернокислого 7-водного	Пары серной кислоты	Емкостное оборудование	
Упаренный раствор железа (II) сернокислого 7-водного	Кристаллизация железа (II) сернокислого 7-водного	Суспензия кристаллов железа (II) сернокислого 7-водного	-	Емкостное оборудование	
Суспензия кристаллов железа (II) сернокислого 7-водного	Центрифугирование суспензии кристаллов железа (II) сернокислого 7-водного	Влажные кристаллы железа (II) сернокислого 7-водного, маточный раствор железа (II) сернокислого	-	Центрифуга	
Влажные кристаллы железа (II) сернокислого 7-водного	Сушка кристаллов железа (II) сернокислого 7-водного	Сухие кристаллы железа (II) сернокислого 7-водного	Пыль сульфата железа	Сушильный шкаф	
Сухие кристаллы железа (II) сернокислого 7-водного	Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка	Готовый продукт	Пыль сульфата железа	Фасовочная машина	
Замывные воды	Сбор и обработка железосодержащих стоков	Обработанные сточные воды	-	Емкостное оборудование, нутч-фильтр	

Таблица 7.11 — Основное технологическое оборудование производства железа (II) сернокислого 7-водного

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Чаша	Производство железа (II) сернокислого 7-водного	Сталь, эмаль V = 0,25 м^3
Вакуум-насос ВВН-3		Сборн. Q = 3 м^3/мин
Ловушка		Сталь, эмаль V = 0,4 м^3
Нутч-фильтр		Керамика, F = 0,15 м^2
Центрифуга ФМБ-60		Сборн.
Чаша		Сталь, эмаль V = 0,15 м^3
Котел		Фарфор V = 0,15 м^3

7.3.1.2 Описание технологических процессов, применяемых при производстве железа (III) азотнокислого 9-водного

Процесс производства железа (III) азотнокислого 9-водного состоит из следующих основных стадий (см. таблицу 7.12):

– растворение металлического железа в азотной кислоте и фильтрация раствора железа (III) азотнокислого;

– упаривание раствора железа (III) азотнокислого;

– кристаллизация железа (III) азотнокислого 9-водного;

– центрифугирование кристаллов железа (III) азотнокислого 9-водного;

– фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка;

– сбор и очистка железосодержащих сточных вод.

Принципиальная технологическая схема приведена на рисунке 7.4.

Основное технологическое оборудование производства железа (III) азотнокислого 9-водного приведено в таблице 7.13.

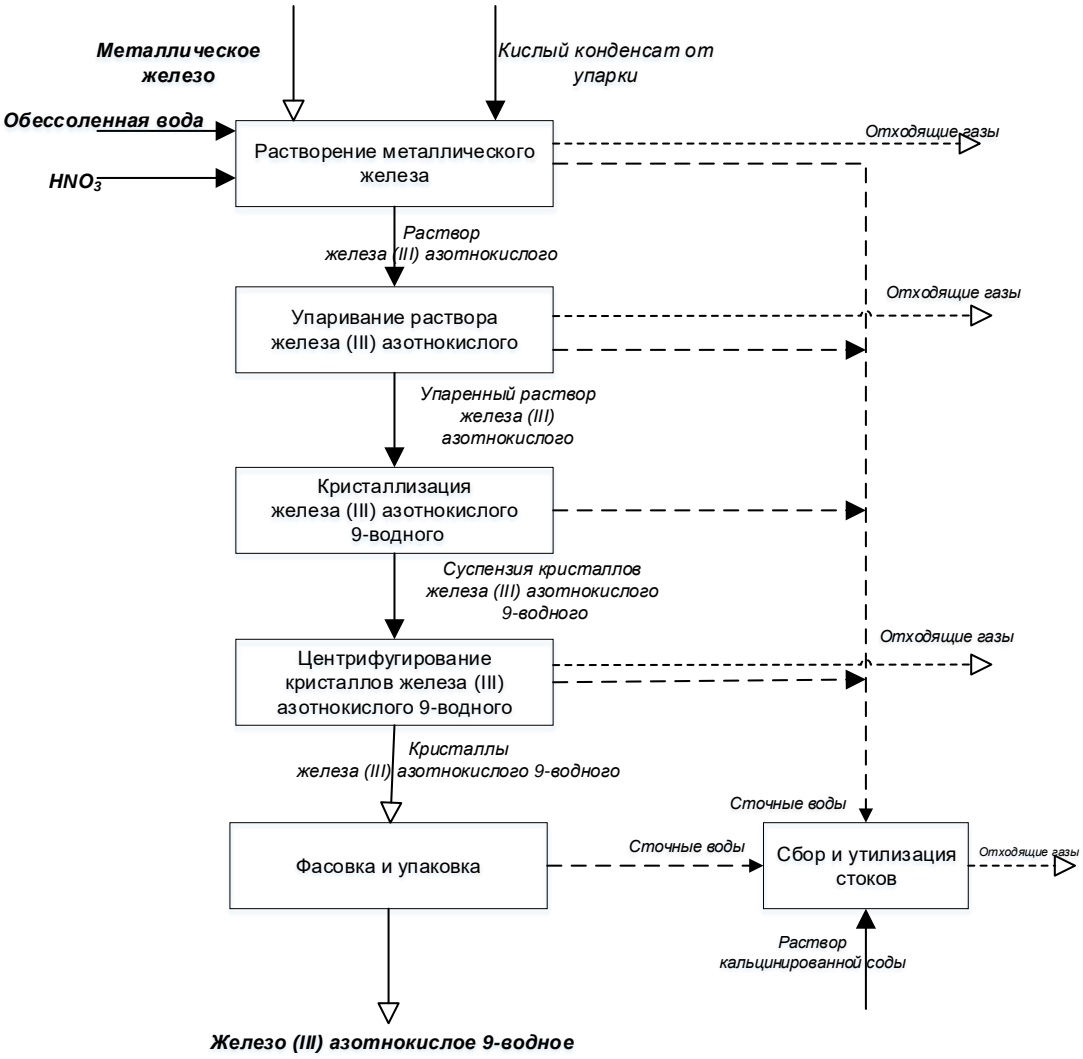


Рисунок 7.4 — Производство железа (III) азотнокислого 9-водного

Растворение металлического железа в азотной кислоте и фильтрация раствора железа (III) азотнокислого

Раствор железа (III) азотнокислого получают путем растворения металлического железа в растворе азотной кислоты в замкнутом объеме при подаче сжатого воздуха при температуре 80±5 °С до достижения плотности раствора 1300±1350 кг/м^3, измеренной при температуре 20–25 °С, полученный раствор фильтруют.

Упаривание раствора железа (III) азотнокислого

Раствор железа (III) азотнокислого нагревают до температуры 95±10 °С и ведут упаривание при этой температуре до достижения плотности раствора 1460–1470 кг/м^3 при температуре 85–95 °С.

Кристаллизация железа (III) азотнокислого 9-водного

Кристаллизацию железа (III) азотнокислого 9-водного осуществляют с помощью принудительного охлаждения упаренного раствора до температуры 20±2 °С.

Центрифугирование кристаллов железа (III) азотнокислого 9-водного

Отделение кристаллов железа (III) азотнокислого 9-водного от маточного раствора проводят с помощью центрифуги. Маточный раствор направляют на стадию упаривания раствора железа азотнокислого.

Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка

Готовый продукт — кристаллы железа (III) азотнокислого 9-водного— фасуют, контролируют ОТК, анализируют и упаковывают.

Сбор и очистка железосодержащих сточных вод

Железосодержащие стоки собирают, обрабатывают с помощью кальцинированной соды и фильтруют, железосодержащий шлам складируют, а очищенные стоки сливают в промканализацию.

Таблица 7.12 — Описание технологического процесса производства железа (III) азотнокислого 9-водного

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Железо металлическое, вода обессоленная, кислота азотная, кислый конденсат со стадии упарки	Растворение металлического железа в азотной кислоте и фильтрация раствора железа (III) азотнокислого	Отфильтрованный раствор железа (III) азотнокислого	Оксиды азота, азотная кислота	Емкостное оборудование, нутч-фильтр	
Отфильтрованный раствор железа (III) азотнокислого	Упаривание раствора железа (III) азотнокислого	Упаренный раствор железа (III) азотнокислого, кислый конденсат	Оксиды азота, азотная кислота	Емкостное оборудование	
Упаренный раствор железа (III) азотнокислого	Кристаллизация железа (III) азотнокислого 9-водного	Суспензия кристаллов железа (III) азотнокислого	—	Емкостное оборудование	
Суспензия кристаллов железа (III) азотнокислого	Центрифугирование кристаллов железа (III) азотнокислого 9-водного	Кристаллы железа (III) азотнокислого, маточный раствор	Оксиды азота	Центрифуга	
Кристаллы железа (III) азотнокислого	Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка	Готовый продукт	—	Фасовочная машина	
Замывные воды, р-р соды кальцинированной	Сбор и очистка железосодержащих сточных вод	Очищенные стоки, железосодержащий шлам	Оксиды азота	Емкостное оборудование, нутч-фильтр	

Таблица 7.13 — Основное технологическое оборудование производства железа (III) азотнокислого 9-водного

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Мерник азотной кислоты	Производство железа (III) азотнокислого 9-водного	Чугун, эмаль V= 0,63 м^3
Реактор растворения		Нерж. сталь V= 2 м^3
Гидрозатвор		Нерж. сталь H= 6 м
Сборник-ловушка		Нерж. сталь V= 0,3 м^3
Сборник промвод		Сталь, эмаль V= 4 м^3
Реактор-сборник маточных растворов		Нерж. сталь V= 2 м^3
Нутч-фильтр		Нерж. сталь F= 0,5 м^2
Сборник раствора железа (III) азотнокислого		Нерж. сталь V= 1 м^3
Теплообменник		Графит
Сборник конденсата		Нерж. сталь V=1 м^3
Центрифуга		Сборн.
Сборник маточного раствора		Нерж. сталь V=0,03 м^3
Вакуум-ловушка		Нерж. сталь V= 1,5 м^3
Вакуум-насос		Сборн. Q= 6 м^3/мин
Теплообменник		Нерж. сталь F= 0,4 м^2
Реактор-осадитель		Сталь, эмаль V= 1,6 м^3
Нутч-фильтр		Нерж. сталь F= 2 м^2
Сборник фильтрованного раствора		Сталь, эмаль V= 4 м^3
Вакуум-ловушка		Нерж. сталь V= 0,63 м^3
Вакуум-насос		Сборн. Q= 3,33 м^3/мин

7.3.1.3 Описание технологических процессов, применяемых при производстве соли Мора

Процесс производства соли Мора состоит из следующих основных стадий (см. таблицу 7.14):

– растворение железа (II) сернокислого 7-водного и аммония сернокислого в воде, фильтрация полученного раствора;

– упаривание раствора сернокислого аммония и железа (II) и кристаллизация соли Мора;

– фильтрование суспензии на нутч-фильтре;

– центрифугирование влажных кристаллов соли Мора;

– сушка кристаллов соли Мора;

– фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка;

– сбор и обработка сточных вод.

Принципиальная технологическая схема приведена на рисунке 7.5.

Основное технологическое оборудование производства соли Мора приведено в таблице 7.15.

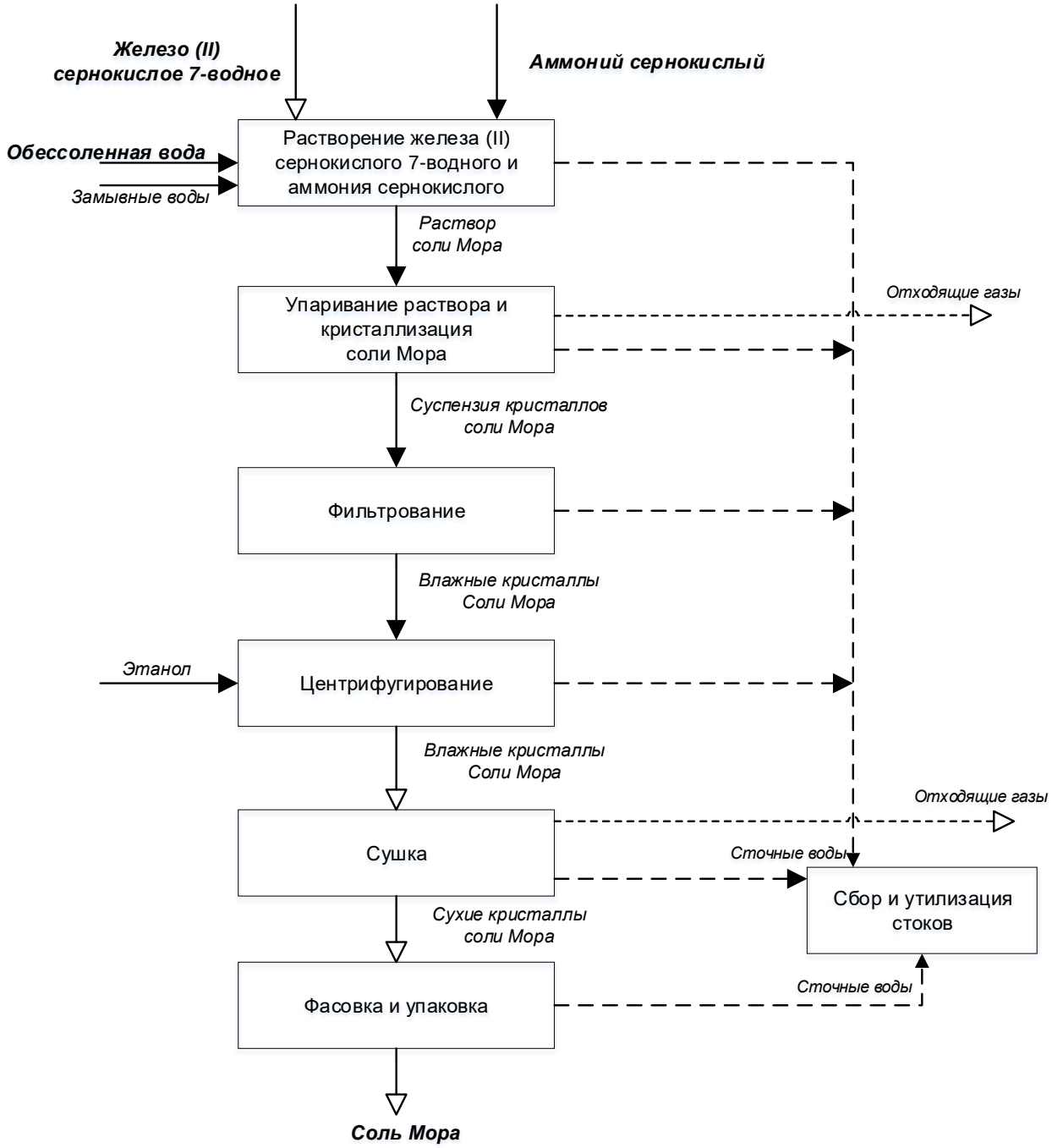


Рисунок 7.5 — Производство соли Мора

Растворение железа (II) сернокислого 7-водного и аммония сернокислого в воде, фильтрация полученного раствора

Соль Мора получают растворением железа (II) сернокислого 7-водного и аммония сернокислого в воде при температуре 70–75 °С. Проводят контроль pH, величина pH должна составлять 1,5–2,5. Если pH более 2,5, то добавляют серную кислоту и повторяют контроль pH. Если pH соответствует норме, то раствор фильтруют на нутч-фильтре.

Упаривание раствора сернокислого аммония и железа (II)

Раствор соли Мора упаривают до плотности 1320–1360 кг/м^3.

Кристаллизация соли Мора

Упаренный раствор соли Мора поступает на кристаллизацию, где первоначально ведут естественное охлаждение до температуры 25–30 °С, затем осуществляют охлаждение суспензии оборотной водой до температуры 15–20 °С. Полученную суспензию перемешивают еще 2–3 часа.

Фильтрование суспензии на нутч-фильтре

Суспензию кристаллов соли Мора отжимают на нутч-фильтре с помощью вакуума. Маточный раствор сливают в полиэтиленовые канистры.

Центрифугирование влажных кристаллов соли Мора

Влажные кристаллы соли Мора отжимают на центрифуге, затем отбирают среднюю пробу и сдают на анализ для определения массовой доли двойной сернокислой соли закиси железа и аммония. Если массовая доля основного вещества менее 99,7%, то центрифугирование продолжают. Отжатые кристаллы заливают этиловым спиртом, выдерживают 0,5 часа, а затем отжимают.

Сушка кристаллов соли Мора

После центрифугирования кристаллов соли Мора отбирают среднюю пробу, если массовая доля основного вещества меньше нормы, то кристаллы сушат на воздухе до достижения требуемой нормы.

Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка

Готовый продукт, кристаллы соли Мора, фасуют, контролируют ОТК, анализируют и упаковывают.

Сбор и обработка сточных вод

Железосодержащие стоки собирают, обрабатывают с помощью кальцинированной соды и фильтруют, железосодержащий шлам складируют, а очищенные стоки сливают в промканализацию.

Таблица 7.14 — Описание технологического процесса производства соли Мора

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Аммоний сернокислый, железо (II) сернокислое 7-водное, серная кислота, вода обессоленная	Растворение железа (II) сернокислого 7-водного и аммония сернокислого в воде, фильтрация полученного раствора	Отфильтрованный раствор соли Мора	—	Емкостное оборудование, нутч-фильтр, вакуум-ловушка, вакуум-насос	

Окончание таблицы 7.14

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Отфильтрованный раствор соли Мора	Упаривание раствора сернокислого аммония и железа (II)	Упаренный раствор соли Мора	Пыль сульфатов аммония, железа	Емкостное оборудование	
Упаренный раствор соли Мора	Кристаллизация соли Мора	Суспензия кристаллов соли Мора	—	Емкостное оборудование	
Суспензия кристаллов соли Мора	Фильтрование суспензии на нутч-фильтре	Влажные кристаллы соли Мора, маточный раствор		Нутч-фильтр, вакуум-ловушка, вакуум-насос	
Влажные кристаллы соли Мора, этиловый спирт	Центрифугирование влажных кристаллов соли Мора	Влажные кристаллы соли Мора		Центрифуга	
Влажные кристаллы соли Мора	Сушка кристаллов соли Мора	Сухие кристаллы соли Мора	Пыль сульфатов аммония, железа	Нутч-фильтр, вакуум-ловушка, вакуум-насос	
Сухие кристаллы соли Мора	Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка	Готовый продукт	—	Фасовочная машина	
Замывные воды, р-р соды кальцинированной	Сбор и очистка железосодержащих сточных вод	Очищенные стоки, железосодержащий шлам	—	Емкостное оборудование, нутч-фильтр	

Таблица 7.15 — Основное технологическое оборудование производства соли Мора

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Чаша	Производство солей Мора	Сталь, эмаль V = 0,4 м^3
Нутч-фильтр		Фарфор V = 50 дм^3
Вакуум-насос ВВН-1-3		Q = 3,3 м^3/мин
Вакуум-ловушка		Сталь, эмаль V=0,63 м^3
Центрифуга ФМБ 633		Сборн.

7.3.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при производстве соединений железа

7.3.2.1 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при производстве железа (II) сернокислого 7-водного

Нормы расхода сырья и энергоресурсов при производстве железа (II) сернокислого 7-водного приведены в таблице 7.16.

Характеристика выбросов загрязняющих веществ, образующихся при производстве железа (II) сернокислого 7-водного, приведена в таблице 7.17.

Таблица 7.16 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве железа (II) сернокислого 7-водного

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Купорос железный технический	кг/т	–	683
Кислота серная техническая	кг/т	–	9
Сода кальцинированная техническая	кг/т	–	92
Пар	Гкал/т	–	8
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	1060
Вода обессоленная	м^3/т	–	5

Таблица 7.17 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве железа (II) сернокислого 7-водного

Источники выбросов	Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на 1 т продукции, кг/т		
			Диапазон		Среднее значение
			минимальное значение	максимальное значение	
Выбросы организованные	Железо сульфат (в пересчете на железо)	–	–	0,538	–
	Серная кислота	–	–	0,088	–

7.3.2.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при производстве железа (III) азотнокислого 9-водного

Нормы расхода сырья и энергоресурсов при производстве железа (III) азотнокислого 9-водного приведены в таблице 7.18.

Характеристика выбросов загрязняющих веществ, образующихся при производстве железа (III) азотнокислого 9-водного, приведена в таблице 7.19.

Таблица 7.18 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве железа (III) азотнокислого 9-водного

Наименование	Единицы измерения	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Железо в виде отходов из стали	кг/т	–	142
Кислота азотная неконцентрированная с. в.	кг/т	–	1050
Сода кальцинированная техническая	кг/т	–	38
Фильтродиагональ	м/т	–	0,5
Полотно лавсановое	м/т	–	0,5
Пар	Гкал/т	–	8,3
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	1532
Вода обессоленная	$м^3$/т	–	1

Таблица 7.19 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве железа (III) азотнокислого 9-водного

Источники выбросов	Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на 1 т продукции, кг/т		
			Диапазон		Среднее значение
			минимальное значение	максимальное значение	
Выбросы организованные	Азота диоксид	—	—	1,03	—
	Азота оксид	—	—	0,258	—
	Азотная кислота	—	—	0,104	—
	Дижелезо триоксид (железо оксид) (в пересчете на железо)	—	—	0,00016	—

7.3.2.3 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при производстве соли Мора

Нормы расхода сырья и энергоресурсов при производстве соли Мора приведены в таблице 7.20.

Таблица 7.20 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве соли Мора

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Железо (II) сернокислое 7-водное, ч. д. а.	кг/т	–	742
Аммоний сернокислый, ч. д. а.	кг/т	–	356
Кислота серная реактивная	кг/т	–	5
Спирт этиловый технический	$дм^3$/т	–	50
Сода кальцинированная техническая	кг/т	–	30,4
Пар	Гкал	–	4
Электроэнергия	кВт·ч	–	1831
Вода обессоленная	$м^3$	–	3,5

Сброса сточных вод во внешнюю среду производство соединений железа не имеет. Очищенные на локальных установках сточные воды передаются на станцию нейтрализации стороннего предприятия. Отходы, образующиеся при производстве соединений железа, приведены в таблице 7.21.

Таблица 7.21 — Отходы, образующиеся при производстве соединений железа

Наименование	Класс опасности	Источник образования	Способ утилизации, обезвреживания, размещения	Масса образующихся отходов производства в расчете на 1 т продукции, кг/т		
				Диапазон		Среднее значение
				Минимальное значение	Максимальное значение	
Ткани фильтровальные из разнородных материалов в смеси, загрязненные нерастворимыми или малорастворимыми минеральными веществами	–	–	–	–	0,11	–

7.4 Производство реактива Несслера

Реактив Несслера представляет собой раствор в щелочной среде дигидрата тетраиодомеркурата (II) калия (химическая формула $K_2[HgI_4]\cdot 2H_2O$), выпускается промышленностью в виде жидкости бледно-желтого цвета, разлагающейся под воздействием света.

Реактив Несслера используется в качественном обнаружении аммиака и гуанинов, при этом образуется осадок яркого красно-коричневого цвета, для обнаружения альдегидов, первичных и вторичных спиртов – осадок черный. Также вещество применяется в колориметрическом определении минимального содержания аммиака. Реактив также обладает способностью образования ртути в металлической форме, в результате чего он широко применяется в обнаружении спиртов и альдегидов, а также в хроматографии тонкослойной и бумажной для того, чтобы идентифицировать такие химические вещества, как гидроксиаминокислоты.

7.4.1 Описание технологических процессов, применяемых при производстве реактива Несслера

Процесс производства реактива Несслера состоит из следующих основных стадий (см. таблицу 7.22):

– приготовление раствора натрия гидроксида;

– приготовление раствора калия тетраиодомеркурата (II);

– получение реактива Несслера;

– отстаивание реактива Несслера;

– фасовка, контроль ОТК, анализ, упаковка и маркировка;

– демеркуризация ртутьсодержащих сточных вод.

Принципиальная технологическая схема приведена на рисунке 7.6.

Основное технологическое оборудование производства реактива Несслера приведено в таблице 7.23.

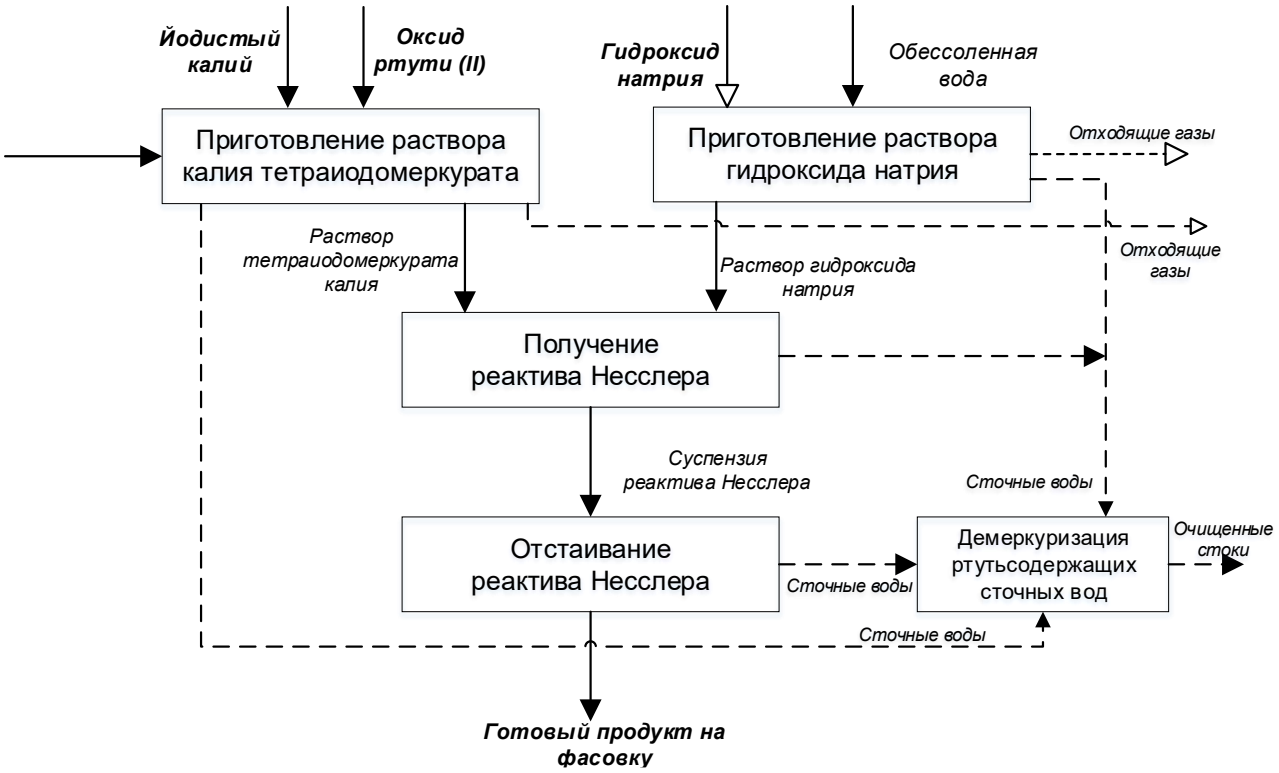


Рисунок 7.6 — Производство реактива Несслера

Приготовление раствора натрия гидроксида

Расчетное количество натра едкого растворяют в обессоленной воде при температуре не более 50 °С до полного растворения, далее раствор натрия гидроксида охлаждают до температуры 20±5 °С и отстаивают до полноты осветления. Полученный раствор разбавляют обессоленной водой до достижения плотности 1120÷1140 кг/м^3 при температуре 20±2 °С.

Приготовление раствора калия тетраиодомеркурата (II)

Раствор тетраиодомеркурата калия готовят растворением ртути (II) оксида в растворе калия йодистого при температуре 75±5 °С при помощи сжатого воздуха.

Получение реактива Несслера

Реактив Несслера получают путем смешивания раствора натрия гидроксида с плотностью 1120÷1140 кг/м^3 и раствора калия тетраиодомеркурата.

Отстаивание реактива Несслера

Отстаивание реактива Несслера проводят на слое илистого осадка (шлама) до достижения требуемых норм: прозрачность, чувствительность к иону аммония и плотность, которая должна составлять 1160÷1170 кг/м^3 при температуре 20±2 °С.

Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка

Готовый продукт фасуют, упаковывают, анализируют, сдают на склад готовой продукции.

Демеркуризация ртутьсодержащих сточных вод

Демеркуризацию производственных помещений и оборудования проводят методом химической обработки 7÷10%-ным раствором уксусной кислоты и 2÷4%-ным раствором калия йодистого. Обработку ртутьсодержащих сточных вод проводят методом осаждения сульфида ртути сернистым натрием до pH=7,0÷7,5 и достижения полноты

осаждения ртути. Обработанные ртутьсодержащие сточные воды отстаивают в течение 20 часов и фильтруют с помощью вакуума, фильтрацию и обработку повторяют до достижения требуемых норм, обработанные и отфильтрованные сточные воды сливают в промканализацию. Ртутьсодержащие отходы в виде шлама сульфида ртути сушат при температуре 90±10 °С, затем по мере накопления фасуют, упаковывают, анализируют и хранят на производстве реактива Несслера. Отмытые отработанные фильтровальные полотна и фильтровальную бумагу упаковывают и хранят на производстве реактива Несслера.

Таблица 7.22 — Стадии производства реактива Несслера

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Натрия гидроксид, вода обессоленная	Приготовление раствора натрия гидроксида	Раствор натрия гидроксида	Натрий гидроксид	Емкостное оборудование	
Калий йодистый, ртуть (II) оксид, вода обессоленная	Приготовление раствора калия тетраиодомеркурата (II)	Раствор тетраиодомеркурата (II)	Оксид ртути	Емкостное оборудование	
Раствор тетраиодомеркурата (II), раствор натрия гидроксида	Получение реактива Несслера	Суспензия реактива Несслера	–	Емкостное оборудование	
Суспензия реактива Несслера, вода обессоленная	Отстаивание реактива Несслера	Раствор реактива Несслера	–	Нутч-фильтр	
Раствор реактива Несслера	Фасовка, контроль ОТК, анализ, упаковка и маркировка	Готовый продукт	Ртуть двуйодистая		
Сточные воды, сернистый натрий	Демеркуризация ртутьсодержащих сточных вод	Ртутьсодержащие отходы, очищенные стоки	–	Емкостное оборудование	

Таблица 7.23 — Основное технологическое оборудование производства реактива Несслера

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Вакуум-насос ВВН-3	Производство реактива Несслера	Сборн. Q=3,2 м^3/мин
Реактор синтеза		Чугун, эмаль V=0,63 м^3
Сборник		Сталь, эмаль V=0,63 м^3
Мерник		Сталь, эмаль V= 0,125–0,63 м^3
Реактор		Чугун, эмаль V=0,16 м^3
Емкость		Винипласт, V=0,2 м^3
Нутч-фильтр		Сталь, эмаль F=0,2 м^2
Сборник		Сталь, эмаль V=0,4 – 1,6 м^3
Шкаф сушильный СНОЛ-3,5		Сборн.
Ловушка		Сталь, эмаль V= 0,025–0,063 м^3
Мерник щелочи		Сталь, эмаль V=1,25 м^3

7.4.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду

Нормы расхода сырья и энергоресурсов при производстве реактива Несслера приведены в таблице 7.24.

Характеристика выбросов загрязняющих веществ, образующихся при производстве реактива Несселера, приведена в таблице 7.25.

Таблица 7.24 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов в производстве реактива Несслера

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Натр едкий технический	кг/т	–	105,5
Калий йодистый	кг/т	–	51,5
Ртуть (II) окись	кг/т	–	16,9
Натрий сернистый технический (натрия сульфид)	кг/т	–	0,6394
Кислота серная техническая	кг/т	–	0,7
Кислота уксусная	кг/т	–	1,1
Вода обессоленная	м^3/т	–	0,9
Бязь	м/т	–	0,6
Фильтродиагональ	м/т	–	0,5
Бумага фильтровальная	кг/т	–	0,7
Клей Na-КМЦ	кг/т	–	0,3
Полотно нетканое	м/т	–	0,3
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	329
Пар	Гкал/т	–	0,0596

Таблица 7.25 – Выбросы загрязняющих веществ атмосферу при производстве реактива Несслера

Источники выбросов	Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на 1 т продукции, кг/т		
			Диапазон		Среднее значение
			минимальное значение	максимальное значение	
Выбросы организованные	Ртуть (II) оксид, ртуть двуйодистая (в пересчете на ртуть)	–	–	0,0097	–
	Натрия гидроксид	–	–	0,000707	–

Сброса сточных вод во внешнюю среду производство реактива Несслера не имеет. Очищенные на локальных установках сточные воды передаются на станцию нейтрализации стороннего предприятия.

Отходы, которые образуются со стадий технологического процесса, возвращают в начало процесса.

7.5 Производство соединений кадмия

Производство кадмия оксида

Окись кадмия (оксид кадмия, химическая формула CdO) выпускается промышленностью в виде коричнево-бурого кристаллического неплавкого порошка, который на воздухе постепенно бледнеет, поглощая углекислоту с переходом в углекислый кадмий.

Окись кадмия применяется в гальванотехнике, является компонентом щелочных никель-кадмиевых аккумуляторов, в качестве сырья для производства других соединений кадмия, в органическом синтезе для получения термостабилизаторов.

Производство кадмия сернокислого

Кадмий сернокислый (сульфат кадмия, химическая формула $3CdSO_4 \cdot 8H_2O$) выпускается промышленностью в виде бесцветных кристаллов в массе белого цвета, которые в сухом воздухе частично выветриваются.

Сернокислый кадмий применяется в гальванотехнике, в производстве аккумуляторов, люминесцентных материалов, как промежуточный продукт при получении других соединений кадмия, в лабораторной практике.

Производство кадмия углекислого

Кадмий углекислый (карбонат кадмия, химическая формула $CdCO_3$) выпускается промышленностью в виде пасты белого цвета.

Паста карбоната кадмия применяется для получения высококачественных пигментов и изготовления керамических изделий

Производство кадмия хлористого 2,5-водного

Кадмий хлористый 2,5-водный (хлорид кадмия 2,5-водный, химическая формула $CdCl_2 \cdot 2{,}5H_2O$) выпускается промышленностью в виде бесцветных полупрозрачных кристаллов или белого кристаллического порошка, который на воздухе выветривается.

Кадмий хлористый 2,5-водный применяется в качестве компонента электролита в кадмиевых гальванических элементах в отечественной гальванике, катализатора в органическом синтезе, исходного сырья для получения кадмийорганических соединений, в исследовательской и лабораторной практике.

7.5.1 Описание технологических процессов, применяемых при производстве соединений кадмия

7.5.1.1 Описание технологических процессов, применяемых при производстве кадмия оксида

Процесс производства оксида кадмия состоит из следующих основных стадий (см. таблицу 7.26):

– расплавление металлического кадмия и его испарение;

– окисление паров кадмия до оксида кадмия;

– выгрузка кадмия оксида из окислительных и осадительных камер, из циклонов и рукавных фильтров;

– смешение и усреднение кадмия оксида;

– фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка;

– сбор и обработка кадмийсодержащих сточных вод.

Принципиальная технологическая схема приведена на рисунке 7.7.

Основное технологическое оборудование производства оксида кадмия приведено в таблице 7.27.

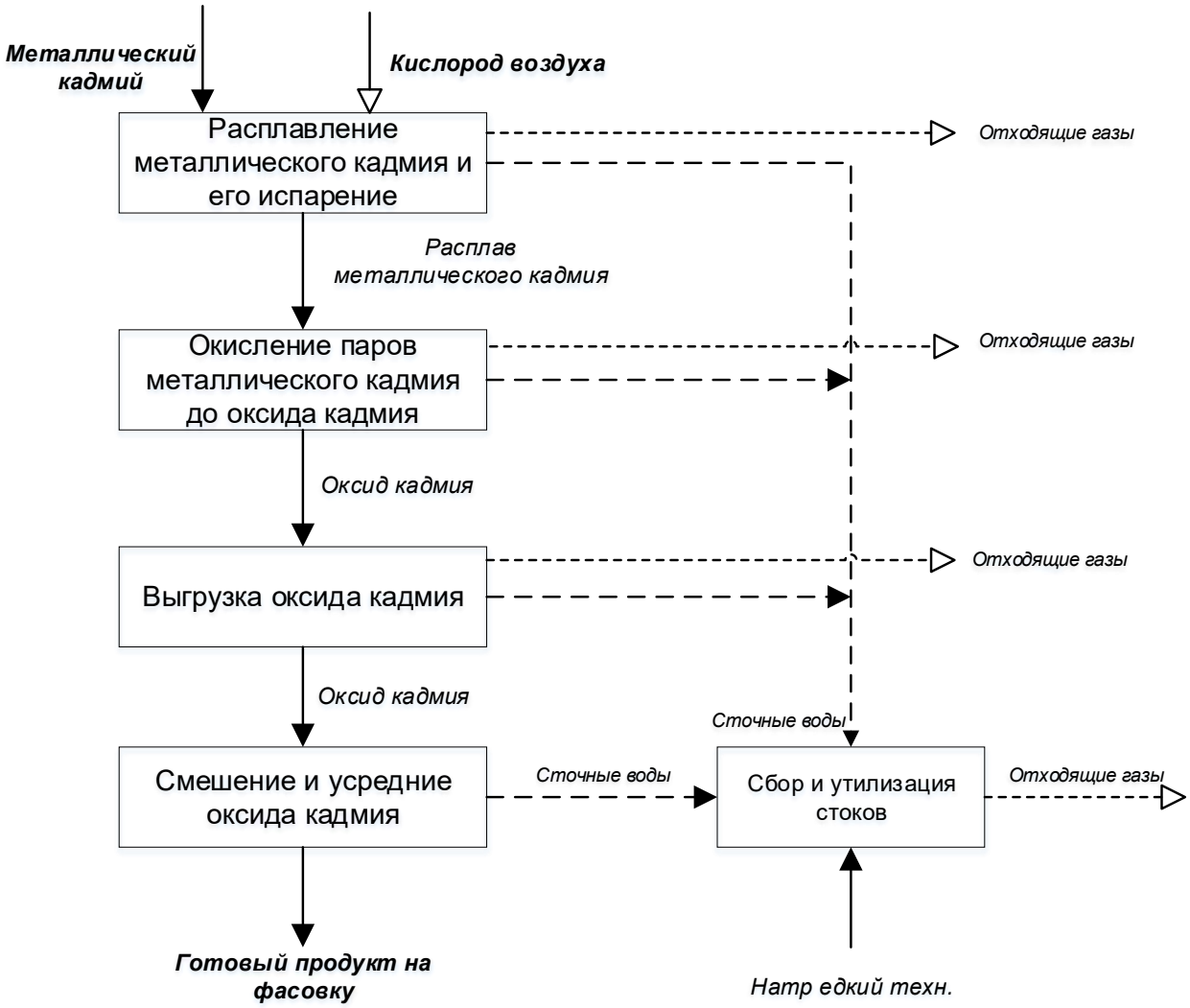


Рисунок 7.7 — Производство оксида кадмия

Расплавление металлического кадмия и его испарение

Кадмий металлический расплавляют в электропечи при температуре 800÷900 °С.

Окисление паров кадмия до оксида кадмия

Пары кадмия в окислительной камере взаимодействуют с кислородом воздуха, образуя мелкодисперсный порошок кадмия оксида:

$$2Cd + O_2 \rightarrow 2CdO.$$

Температура в окислительных камерах составляет 200÷450 °С. Доокисление паров кадмия происходит в осадительных камерах.

Выгрузка кадмия оксида из окислительных и осадительных камер, из циклонов и рукавных фильтров

Уловленный оксид кадмия из окислительных, осадительных камер, циклонов и рукавных фильтров выгружают и направляют на усреднение.

Смешение и усреднение оксида кадмия

Усреднение оксида кадмия осуществляют в смесителе путем перемешивания.

Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка

Готовый продукт кадмия оксида фасуют, контролируют ОТК, анализируют и упаковывают.

Сбор и обработка кадмийсодержащих сточных вод

Замывные воды от мытья полов собирают и направляют на локальную установку по обработке кадмийсодержащих стоков.

Таблица 7.26 — Стадии производства оксида кадмия

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Кадмий металлический, кислород воздуха	Расплавление металлического кадмия и его испарение	Расплав кадмия металлического, кислород воздуха	Кадмий оксид, оксиды азота	Камерная электропечь	
Расплав кадмия металлического, кислород воздуха	Окисление паров кадмия до оксида кадмия	Оксид кадмия	Кадмий оксид, оксиды азота, сера диоксид, углерод оксид, 3,4-Бензпирен	Окислительная камера	
Оксид кадмия	Выгрузка кадмия оксида из окислительных и осадительных камер, из циклонов и рукавных фильтров	Оксид кадмия	Кадмий оксид	Окислительная и осадительная камеры, циклоны и рукавные фильтры	
Оксид кадмия	Смешение и усреднение оксида кадмия	Оксид кадмия	Кадмий оксид	Смеситель	
Оксид кадмия	Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка	Готовый продукт	Кадмий оксид	Фасовочная машина	
Замывные воды, натр едкий технический	Сбор и обработка кадмийсодержащих сточных вод	Осветленные сточные воды, осадок	Натрий гидроксид, динатрий карбонат	Реактор, нутч-фильтр	

Таблица 7.27 — Основное технологическое оборудование производства оксида кадмия

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Камерная электропечь	Производство оксида кадмия	N=58 кВт·ч, сборная
Окислительная камера		ст.3 Х18Н10Т, V = 2 м^3
Осадительная камера		ст.3 Х18Н10Т, V = 2 м^3
Циклон		ст.3 Х18Н10Т, Q = 4000–8000 м^3/час
Рукавный фильтр ФВК-60		ст.3, F = 60 м^2
Установка компрессорная		Q = 30 м^3/час

7.5.1.2 Описание технологических процессов, применяемых при производстве кадмия сернокислого

Процесс производства сернокислого кадмия состоит из следующих основных стадий (см. таблицу 7.28):

– приготовление раствора кадмия сернокислого;

– обработка раствора кадмия сернокислого от примесей и его фильтрация раствора.

– упаривание раствора кадмия сернокислого;

– кристаллизация кадмия сернокислого из упаренного раствора с гидратацией;

– центрифугирование;

– фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка;

– сбор и обработка кадмийсодержащих сточных вод.

Принципиальная технологическая схема приведена на рисунке 7.8.

Основное технологическое оборудование производства сернокислого кадмия приведено в таблице 7.29.

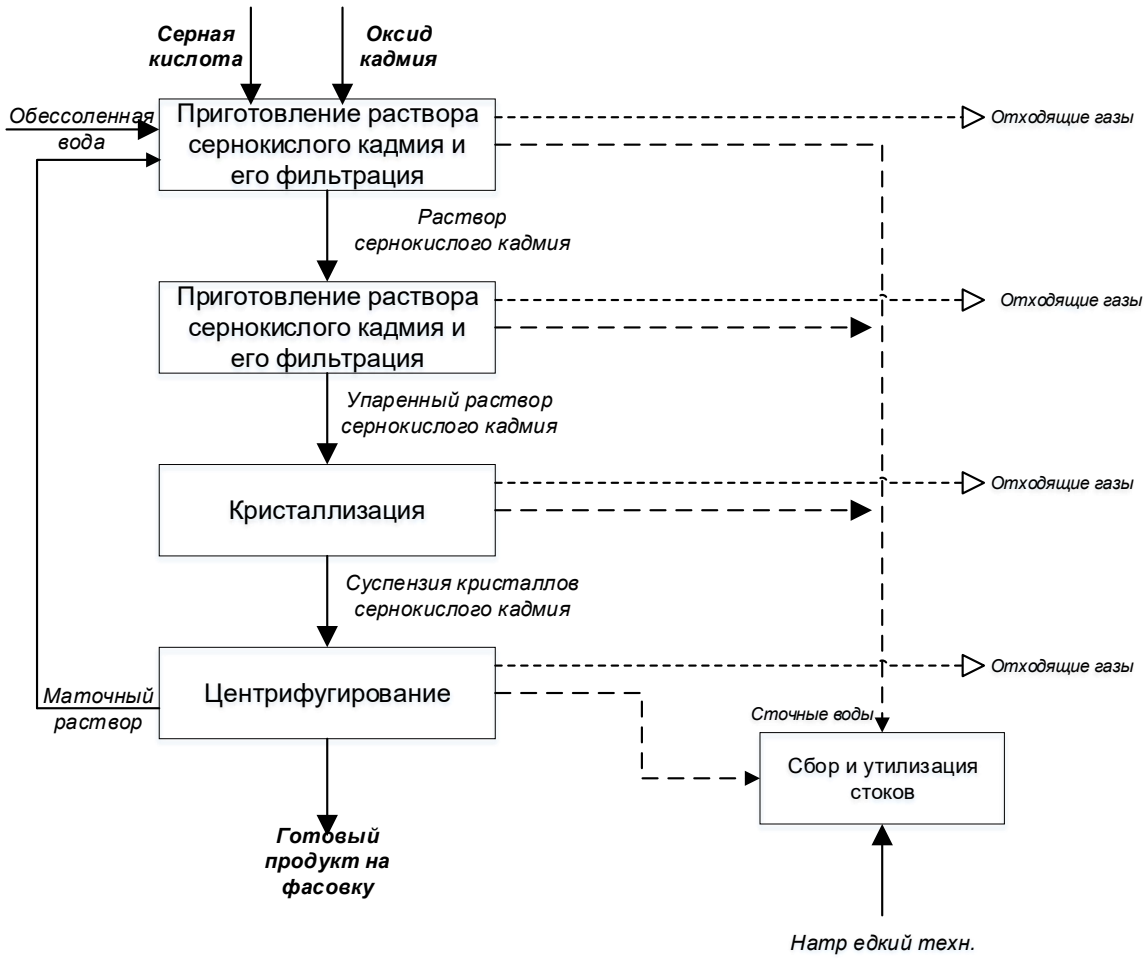


Рисунок 7.8 — Производство кадмия сернокислого

Приготовление раствора кадмия сернокислого, обработка раствора от примесей, фильтрация раствора

Кадмий сернокислый получают путем растворения кадмия оксида в растворе серной кислоты при температуре 95÷100 °С до полноты растворения и достижения плотности раствора 1400 кг/м^3 при температуре 60÷80 °С. Полученный раствор проверяют по специальным методикам на содержание примесей железа, меди, никеля и свинца. Если массовые концентрации примесей выше допустимых, то раствор обрабатывают до контрольных показателей, в том числе и по pH. Обработанный раствор фильтруют на нутч-фильтре с помощью вакуума.

Упаривание раствора кадмия сернокислого

Раствор кадмия сернокислого упаривают при температуре 105 °С до массовой концентрации кадмия сернокислого 520÷560 г/дм^3.

Кристаллизация кадмия сернокислого из упаренного раствора с гидратацией

Кристаллизацию кадмия сернокислого осуществляют путем естественного охлаждения упаренного раствора в течение часа, затем с помощью принудительного охлаждения до достижения реакционной массой температуры 43 °С. Для затравки кри-

сталла с нужной водностью на стадию кристаллизации подают определенное количество кристаллов $3CdSO_4 \cdot 8H_2O$ и обессоленную воду для гидратации кадмия сернокислого одноводного.

Центрифугирование

Кристаллы сернокислого кадмия $3CdSO_4 \cdot 8H_2O$ отделяют на центрифуге от маточного раствора. Маточный раствор направляется на стадию приготовления раствора сернокислого кадмия.

Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка

Готовый продукт — кристаллы сернокислого кадмия — фасуют, контролируют ОТК, анализируют и упаковывают.

Сбор и обработка кадмийсодержащих сточных вод

Замывные воды от мытья полов собирают и направляют на локальную установку по обработке кадмийсодержащих стоков.

Таблица 7.28 — Описание технологического процесса производства сернокислого кадмия

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Оксид кадмия, серная кислота, вода обессоленная, маточный раствор	Приготовление раствора сернокислого кадмия	Раствор сернокислого кадмия	Кадмий сульфат	Емкостное оборудование	
Раствор сернокислого кадмия	Обработка раствора кадмия сернокислого от примесей Fe, Cu, Ni, Pb. Фильтрация раствора.	Очищенный раствор сернокислого кадмия, нераств. осадок	–	Емкостное оборудование, нутч-фильтр, вакуум-ловушка, вакуум-насос	
Очищенный раствор сернокислого кадмия	Упаривание раствора кадмия сернокислого	Упаренный раствор сернокислого кадмия, соковый пар	Кадмий сульфат, серная кислота	Емкостное оборудование	
Упаренный раствор сернокислого кадмия, затравка, вода обессоленная	Кристаллизация кадмия сернокислого	Суспензия кристаллов кадмия сернокислого	–	Емкостное оборудование, теплообменники	

Окончание таблицы 7.28

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Суспензия кристаллов кадмия сернокислого	Центрифугирование	Кристаллы сернокислого кадмия, маточный раствор	Кадмий сульфат	Центрифуга	
Кристаллы сернокислого кадмия	Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка	Готовый продукт	Кадмий сульфат	Фасовочная машина	
Замывные воды, натр едкий технический	Сбор и обработка кадмийсодержащих сточных вод	Осветленные сточные воды, осадок	Натрий гидроксид, динатрий карбонат	Реактор, нутч-фильтр	

Таблица 7.29 — Основное технологическое оборудование производства сернокислого кадмия

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Мерник серной кислоты	Производство сернокислого кадмия	Фторопласт, V = 0,4 м^3
Реактор		Нерж. сталь V = 1 м^3
Нутч-фильтр		Нерж. сталь Fф = 0,95 м^2
Теплообменник		Нерж. сталь Fт = 15 м^2
Сборник		Нерж. сталь V= 1 м^3
Реактор		Нерж. сталь V= 1 м^3
Центрифуга ФМБ-633К		$N_{дв.}$= 4 кВт
Сборник маточного раствора		Нерж. сталь V = 0,63 м^3
Теплообменник		Нерж. сталь Fт = 17 м^2
Вакуум-ловушка		Нерж. сталь V = 1,25 м^3
Вакуум-насос ВВН-6		Q = 6 м^3/мин, сборный
Вентилятор		Сборный

7.5.1.3 Описание технологических процессов, применяемых при производстве кадмия углекислого

Процесс производства углекислого кадмия состоит из следующих основных стадий (см. таблицу 7.30):

– приготовление раствора кадмия азотнокислого, обработка раствора от примесей, фильтрация раствора;

– получение пульпы углекислого кадмия;

– отжим и отмывка пасты углекислого кадмия;

– фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка;

– сбор и обработка кадмийсодержащих сточных вод.

Принципиальная технологическая схема приведена на рисунке 7.9.

Основное технологическое оборудование производства пасты углекислого кадмия приведено в таблице 7.31.

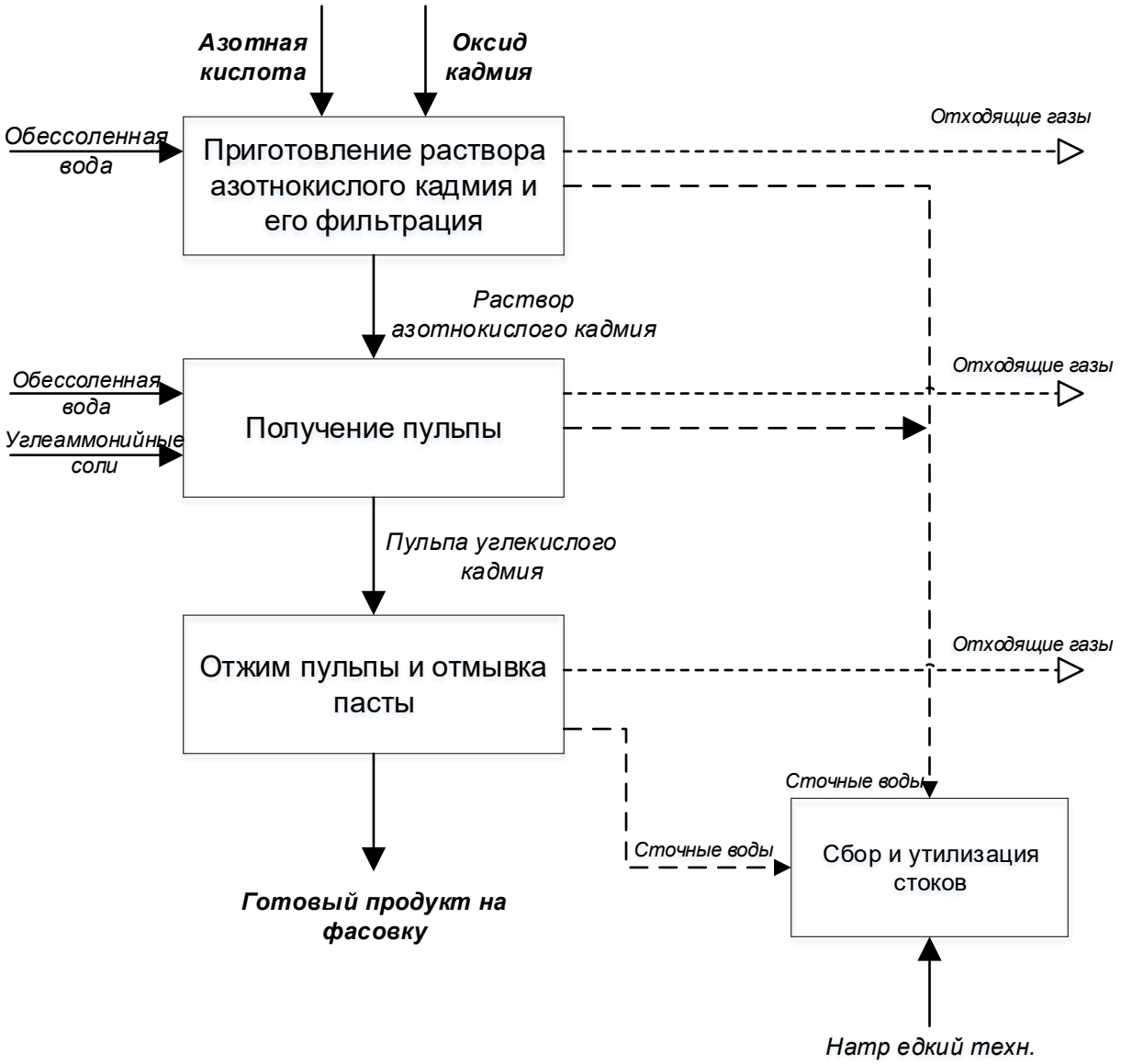


Рисунок 7.9 — Производство пасты кадмия углекислого

Приготовление раствора кадмия азотнокислого, обработка раствора от примесей, фильтрация раствора

Приготовление раствора кадмия азотнокислого проводят путем растворения кадмия оксида в растворе азотной кислоты при температуре 95÷100 ° С в течение 3-4 часов до определенных контрольных показателей, затем обрабатывают раствор от примесей до допустимых показателей по сульфатам, железу и свинцу, раствор фильтруют.

Получение пульпы углекислого кадмия

Пульпу углекислого кадмия получают методом взаимодействия раствора кадмия азотнокислого с углеаммонийными солями (УАС) при температуре 40–50 °С. Окончание синтеза проверяют специальными методиками производства.

Отжим и отмывка пасты углекислого кадмия

Полученную пульпу углекислого кадмия разделяют и отмывают от маточного раствора на нутч-фильтре с помощью вакуума.

Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка

Готовый продукт — пасту карбоната кадмия — фасуют, контролируют ОТК, анализируют и упаковывают.

Сбор и обработка кадмийсодержащих сточных вод

Маточные растворы, замывные воды собирают и направляют на локальную установку по обработке кадмийсодержащих стоков.

Таблица 7.30 — Описание технологического процесса производства пасты кадмия углекислого

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Оксид кадмия, азотная кислота, вода обессоленная	Приготовление раствора кадмия азотнокислого	Раствор азотнокислого кадмия	Кадмий оксид, оксиды азота	Емкостное оборудование	
Раствор азотнокислого кадмия	Обработка раствора кадмия азотнокислого от примесей сульфатов, Fe, Pb. Фильтрация раствора	Очищенный раствор азотнокислого кадмия, нераств. осадок	Оксиды азота, азотная кислота	Емкостное оборудование, нутч-фильтр, вакуум-ловушка, вакуум-насос	
Очищенный раствор азотнокислого кадмия, УАС, вода обессоленная	Получение пульпы углекислого кадмия	Пульпа кадмия углекислого	Аммиак	Емкостное оборудование	

Окончание таблицы 7.30

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Пульпа кадмия углекислого	Отжим и отмывка пасты углекислого кадмия	Паста кадмия углекислого, маточный раствор	–	Нутч-фильтр, вакуум-ловушка, вакуум-насос	
Кристаллы сернокислого кадмия	Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка	Готовый продукт	–	Фасовочная машина	
Замывные воды, маточный раствор, натр едкий технический	Сбор и обработка кадмийсодержащих сточных вод	Осветленные сточные воды, осадок	Натрий гидроксид, динатрий карбонат	Реактор, нутч-фильтр	

Таблица 7.31 — Основное технологическое оборудование производства пасты углекислого кадмия

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Сборник обессоленной воды	Производства пасты углекислого кадмия	V= 0,4 м^3, алюминиевый
Сборник обессоленной воды		V = 1,25 м^3, нерж. сталь
Нутч-фильтр		F = 1,5 м^2, нерж. сталь
Реактор		V = 2 м^3, нерж. сталь
Вакуум-насос ВВН-6		Q = 6 м^3/мин, сборный
Вакуум-ловушка		V = 0,63 м^3, чугун-эмаль

7.5.1.4 Описание технологических процессов, применяемых при производстве кадмия хлористого 2,5-водного

Процесс производства сернокислого кадмия состоит из следующих основных стадий (см. таблицу 7.32):

– приготовление раствора кадмия хлористого;
– обработка раствора кадмия хлористого от примесей;
– фильтрация раствора;
– упаривание раствора кадмия хлористого под вакуумом;
– кристаллизация кадмия хлористого 2,5-водного из упаренного раствора;
– центрифугирование;
– фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка;

– сбор и обработка кадмийсодержащих сточных вод.

Принципиальная технологическая схема приведена на рисунке 7.10.

Основное технологическое оборудование производства кадмия хлористого 2,5-водного приведено в таблице 7.33.

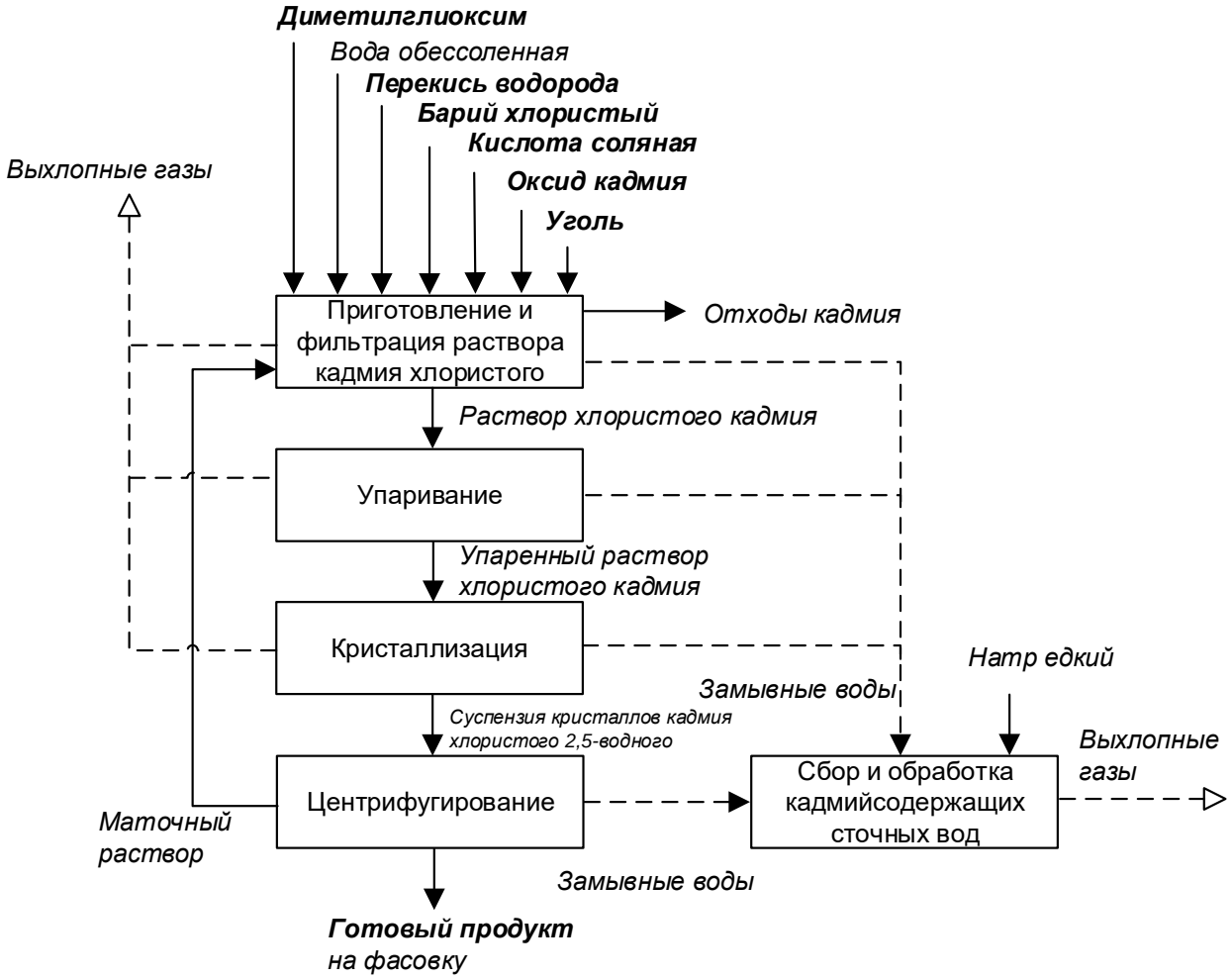


Рисунок 7.10 — Производство кадмия хлористого 2,5-водного

Приготовление раствора кадмия хлористого, обработка раствора от примесей, фильтрация раствора

Раствор хлористого кадмия получают путем растворения окиси кадмия в соляной кислоте при температуре 95÷100 °С до полноты растворения при pH=1÷2, затем подачей кадмия оксида доводят раствор кадмия хлористого до pH=3÷4. Затем проводят обработку раствора от примесей до допустимых показателей по сульфатам, железу и никелю. Обработанный раствор фильтруют.

Упаривание раствора кадмия хлористого под вакуумом

Отфильтрованный раствор упаривают под вакуумом при температуре 80÷90 °С до достижения плотности раствора 1600÷1700 кг/м^3.

Кристаллизация кадмия хлористого 2,5-водного

Упаренный раствор направляют в кристаллизатор, где его продолжают упаривать до достижения плотности 1820÷1840 кг/м^3 при температуре 90÷100 °С. Полученный раствор выдерживают в режиме естественного охлаждения в течение 1 часа, затем принудительно охлаждают до температуры 20 °С.

Центрифугирование

Кристаллы кадмия хлористого 2,5-водного отделяют на центрифуге от маточного раствора. Маточный раствор направляется на стадию приготовления раствора хлористого кадмия.

Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка

Готовый продукт — кристаллы кадмия хлористого 2,5-водного — фасуют, контролируют ОТК, анализируют и упаковывают.

Сбор и обработка кадмийсодержащих сточных вод

Замывные воды от мытья полов собирают и направляют на локальную установку по обработке кадмийсодержащих стоков.

Таблица 7.32 — Описание технологического процесса производства кадмия хлористого 2,5-водного

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Оксид кадмия, соляная кислота, вода обессоленная, маточный раствор	Приготовление раствора хлористого кадмия	Раствор хлористого кадмия	Кадмий оксид, гидрохлорид	Емкостное оборудование	
Раствор хлористого кадмия, барий хлористый, перекись водорода, диметилглиоксим, уголь	Обработка раствора кадмия хлористого от примесей сульфатов, Fe, Ni. Фильтрация раствора.	Очищенный раствор хлористого кадмия, нераств. осадок	Кадмий дихлорид, гидрохлорид	Емкостное оборудование, нутч-фильтр, вакуум-ловушка, вакуум-насос	
Очищенный раствор хлористого кадмия	Упаривание раствора кадмия хлористого под вакуумом	Упаренный раствор хлористого кадмия, соковый пар	Кадмий дихлорид, гидрохлорид	Емкостное оборудование	
Упаренный раствор хлористого кадмия	Кристаллизация кадмия хлористого 2,5-водного	Суспензия кристаллов кадмия хлористого 2,5-водного	Кадмий дихлорид, гидрохлорид	Емкостное оборудование, теплообменники	
Суспензия кристаллов кадмия хлористого 2,5-водного	Центрифугирование	Кристаллы кадмия хлористого 2,5-водного, маточный раствор	Кадмий дихлорид	Центрифуга	

Окончание таблицы 7.32

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Кристаллы кадмия хлористого 2,5-водного	Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка	Готовый продукт	Кадмий дихлорид	Фасовочная машина	
Замывные воды, натр едкий технический	Сбор и обработка кадмийсодержащих сточных вод	Осветленные сточные воды, осадок	Натрий гидроксид, динатрий карбонат	Реактор, нутч-фильтр	

Таблица 7.33 — Основное технологическое оборудование производства кадмия хлористого 2,5-водного

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Реактор	Основное технологическое оборудование производства	Фторопласт, V=2 м^3
Мерник соляной кислоты		Сталь, эмаль V = 0,63 м^3
Нутч-фильтр		Титан Fф= 0,8 м^2
Конденсатор		Фарфор F= 0,7 м^2
Сборник		Сталь, эмаль V= 1 м^3
Кристаллизатор		Сталь, эмаль V = 0,4 м^3
Конденсатор		Сталь, эмаль V = 4 м^3
Сборник конденсата		Чугун, эмаль, V = 0,63 м^3
Реактор-упарочник		Чугун, эмаль, V = 0,63 м^3
Центрифуга ФМБ-633К		V = 0,63 м^3
Сборник маточных растворов		Сталь, эмаль V=0,4 м^3
Вакуум-насос		Q= 3–6 м^3/мин, сборный
Вентиляционная система		Энергопотребление 0,8 кВт·ч/т продукции

7.5.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при производстве соединений кадмия

7.5.2.1 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при производстве кадмия оксида

Нормы расхода сырья и энергоресурсов при производстве кадмия оксида приведены в таблице 7.34. Характеристика выбросов загрязняющих веществ, образующихся при производстве оксида кадмия, приведены в таблице 7.35.

Таблица 7.34 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве кадмия оксида

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Кадмий	кг/т	–	887
Кислота азотная неконцентрированная	кг/т	–	2,2
Уголь активный древесный дробленый	кг/т	–	0,02
Натр едкий технический чешуированный	кг/т	–	1,2
Бязь	м/т	–	0,0104
Полотно фильтровальное	м/т	–	0,0299
Стеклоткань	м/т	–	0,0104
Вода техническая	$м^3$/т	–	0,149
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	1456
Пар	Гкал/т	–	0,119
Газ природный	$нм^3$/т	–	28

Таблица 7.35 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве кадмия оксида

Источники выбросов	Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на 1 т продукции, кг/т		
			Диапазон		Среднее значение
			минимальное значение	максимальное значение	
Выбросы организованные	Кадмий оксид (в пересчете на кадмий)	–	–	0,912	–
	Азота диоксид	–	–	0,630	–
	Азота оксид	–	–	0,102	–
	Сера диоксид	–	–	2,188	–
	Углерода оксид	–	–	2,393	–
	3,4-Бензпирен	–	–	0,00000328	–

Сброса сточных вод во внешнюю среду производство кадмия оксида не имеет. Очищенные на локальных установках сточные воды передаются на станцию нейтрализации стороннего предприятия.

7.5.2.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при производстве кадмия сернокислого

Нормы расхода сырья и энергоресурсов при производстве кадмия сернокислого приведены в таблице 7.36.

Характеристика выбросов загрязняющих веществ, образующихся при производстве сернокислого кадмия, приведена в таблице 7.37.

Таблица 7.36 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве кадмия сернокислого

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Кадмия оксид	кг/т	–	506,1
Водорода перекись техн.	кг/т	–	4,5
Кислота серная контактная улучшен. техн.	кг/т	–	407,1
Кислота серная ч	кг/т	–	10
Уголь активный древесный дробленый	кг/т	–	0,23
Диметилглиоксим ч	кг/т	–	0,01
Натр едкий технический чешуированный	кг/т	–	13,2
Бязь	м/т	–	2
Ткань бельтинг	м/т	–	0,167
Полотно фильтровальное	м/т	–	0,7
Бумага фильтровальная	кг/т	–	0,7
Хром (IV) оксид	кг/т	–	0,133
Уголь активный осветляющий древесный порошкообразный	кг/т	–	0,133
Тепловая энергия (пар)	Гкал/т	–	22
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	992
Вода обессоленная	$м^3$/т	–	2,67

Таблица 7.37 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве кадмия сернокислого

Источники выбросов	Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на 1 т продукции, кг/т		
			Диапазон		Среднее значение
			минимальное значение	максимальное значение	
Выбросы организованные	Кадмий сернокислый (в пересчете на кадмий)	–	–	9,93	–
	Серная кислота (100% H_2SO_4)	–	–	6,37	–

Сброса сточных вод во внешнюю среду производство кадмия сернокислого не имеет. Очищенные на локальных установках сточные воды передаются на станцию нейтрализации стороннего предприятия.

7.5.2.3 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при производстве кадмия углекислого

Нормы расхода сырья и энергоресурсов при производстве кадмия углекислого приведены в таблице 7.38.

Характеристика выбросов загрязняющих веществ, образующихся при производстве углекислого кадмия, приведены в таблице 7.39.

Таблица 7.38 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве кадмия углекислого

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Кадмия оксид	кг/т	–	542,6
Водорода перекись техн.	кг/т	–	5,5
Кислота азотная неконцентрированная	кг/т	–	987,4
Соли углеаммонийные	кг/т	–	744,6
Уголь активный древесный дробленый	кг/т	–	0,48
Барий азотнокислый техн.	кг/т	–	1,2
Натр едкий технический чешуированный	кг/т	–	16
Бязь	м/т	–	3,6
Ткань бельтинг	м/т	–	3
Полотно фильтровальное	м/т	–	0,4
Бумага фильтровальная	кг/т	–	3
Тепловая энергия (пар)	Гкал/т	–	6,2
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	904
Вода техническая	$м^3$/т	–	10,2

Таблица 7.39 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве кадмия углекислого

Источники выбросов	Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на 1 т продукции, кг/т		
			Диапазон		Среднее значение
			минимальное значение	максимальное значение	
Выбросы организованные	Кадмий оксид (в пересчете на кадмий)	–	–	1,920	–
	Азота диоксид	–	–	53,74	–
	Азот оксид	–	–	8,732	–
	Азотная кислота (100% HNO_3)	–	–	149,97	–
	Аммиак	–	–	33,58	–

Сброса сточных вод во внешнюю среду производство кадмия углекислого не имеет. Очищенные на локальных установках сточные воды передаются на станцию нейтрализации стороннего предприятия.

7.5.2.4 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при производстве кадмия хлористого 2,5-водного

Нормы расхода сырья и энергоресурсов при производстве кадмия хлористого 2,5-водного приведены в таблице 7.40.

Характеристика выбросов загрязняющих веществ, образующихся при производстве кадмия хлористого 2,5-водного, приведены в таблице 7.41. Отходы производства кадмия хлористого 2,5-водного приведены в таблице 7.42.

Таблица 7.40 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве кадмия хлористого 2,5-водного

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Кадмия оксид	кг/т	576,6	576,6
Водорода перекись техн.	кг/т	4,20	4,20
Кислота соляная, техн.	кг/т	963	963
Кислота соляная, ч	кг/т	20	20
Уголь активный древесный дробленый	кг/т	0,510	0,510
Диметилглиоксим, ч	кг/т	0,00980	0,00980
Натр едкий технический чешуированный	кг/т	39,7	39,7
Бязь	м/т	2,745	2,745
Ткань бельтинг	м/т	0,314	0,314
Полотно фильтровальное	кг/т	3,922	3,922
Бумага фильтровальная	кг/т	13,53	13,53
Барий хлорид 2-водный	кг/т	0,0294	0,0294
Уголь активный осветляющий древесный порошкообразный	кг/т	0,0980	0,0980
Тепловая энергия (пар)	Гкал/т	22,94	22,94
Электроэнергия	кВт·ч/т	2821,96	2821,96
Вода обессоленная	$м^3$/т	2,608	2,608

Таблица 7.41 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве кадмия хлористого 2,5-водного

Источники выбросов	Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на 1 т продукции, кг/т		
			Диапазон		Среднее значение
			минимальное значение	максимальное значение	
Выбросы организованные	Кадмий хлористый (в пересчете на кадмий)	–	–	0,595	–
	Кадмий оксид (в пересчете на кадмий)	–	–	0,645	–
	Хлористый водород (100% HCl)	–	–	10,23	–

Сброса сточных вод во внешнюю среду производство кадмия хлористого 2,5-водного не имеет. Очищенные на локальных установках сточные воды передаются на станцию нейтрализации стороннего предприятия.

Производство соединений кадмия имеет единую локальную установку очистки сточных вод с образованием твердых отходов.

Таблица 7.42 — Отходы, образующиеся при производстве соединений кадмия

Наименование	Класс опасности	Источник образования	Способ утилизации, обезвреживания, размещения	Масса образующихся отходов производства в расчете на 1 т продукции, кг/т		
				Диапазон		Среднее значение
				Минимальное значение	Максимальное значение	
Осадок нейтрализации кадмийсодержащих стоков гидроксидом натрия, обезвоженный	3	Обработка кадмийсодержащих сточных вод	–	–	11,49	–
Ткани фильтровальные из разнородных материалов в смеси, загрязненные нерастворимыми или малорастворимыми минеральными веществами	4	Фильтрация раствора кадмия сернокислого, кадмия хлористого 2,5-водного, кадмия карбоната	–	–	0,0116	–

7.6 Производство соединений кобальта

Производство кобальта азотнокислого 6-водного

Кобальт азотнокислый 6-водный (гексагидрат нитрата кобальта, химическая формула $Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$) выпускается промышленностью в виде буро-красных кристаллов, расплывающихся во влажном воздухе.

Кобальт азотнокислый 6-водный применяется в электротехнической промышленности, для получения катализаторов, в производстве сиккативов, в аналитической химии.

Производство кобальта сернокислого 7-водного

Кобальт сернокислый 7-водный (гептагидрат сульфата кобальта, химическая формула $CoSO_4 \cdot 7H_2O$) выпускается промышленностью в виде розово-красных кристаллов, медленно растворимых в воде.

Кобальт сернокислый 7-водный применяется в качестве пигмента для стекла и керамики, компонента электролитов для нанесения покрытий кобальта на металлы, для получения других кобальтсодержащих соединений, для комбикормов.

Производство кобальта углекислого основного водного

Кобальт углекислый основной водный (водный гидроксид карбонат кобальта, химическая формула $CoCO_3 \cdot mCo(OH)_2 \cdot nH_2O$) выпускается промышленностью в виде порошка розово-сиреневого цвета, нерастворимого в воде, растворимого в кислотах.

Кобальт углекислый основной водный применяется для получения пигментов и кобальтосодержащих катализаторов, как компонент шихты для цветной керамики, термочувствительных красок, в качестве кормовой микродобавки.

7.6.1 Описание технологических процессов, применяемых при производстве соединений кобальта

7.6.1.1 Описание технологических процессов, применяемых при производстве кобальта азотнокислого 6-водного

Процесс производства кобальта азотнокислого 6-водного состоит из следующих основных стадий (см. таблицу 7.43):

– получение раствора кобальта азотнокислого;
– обработка раствора кобальта азотнокислого от примесей и его фильтрация;
– упаривание раствора кобальта азотнокислого;
– кристаллизация кобальта азотнокислого 6-водного;
– центрифугирование суспензии кристаллов кобальта азотнокислого 6-водного;
– фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка;
– очистка кобальтсодержащих стоков;
– утилизация фильтровальной бумаги.

Принципиальная технологическая схема приведена на рисунке 7.11.

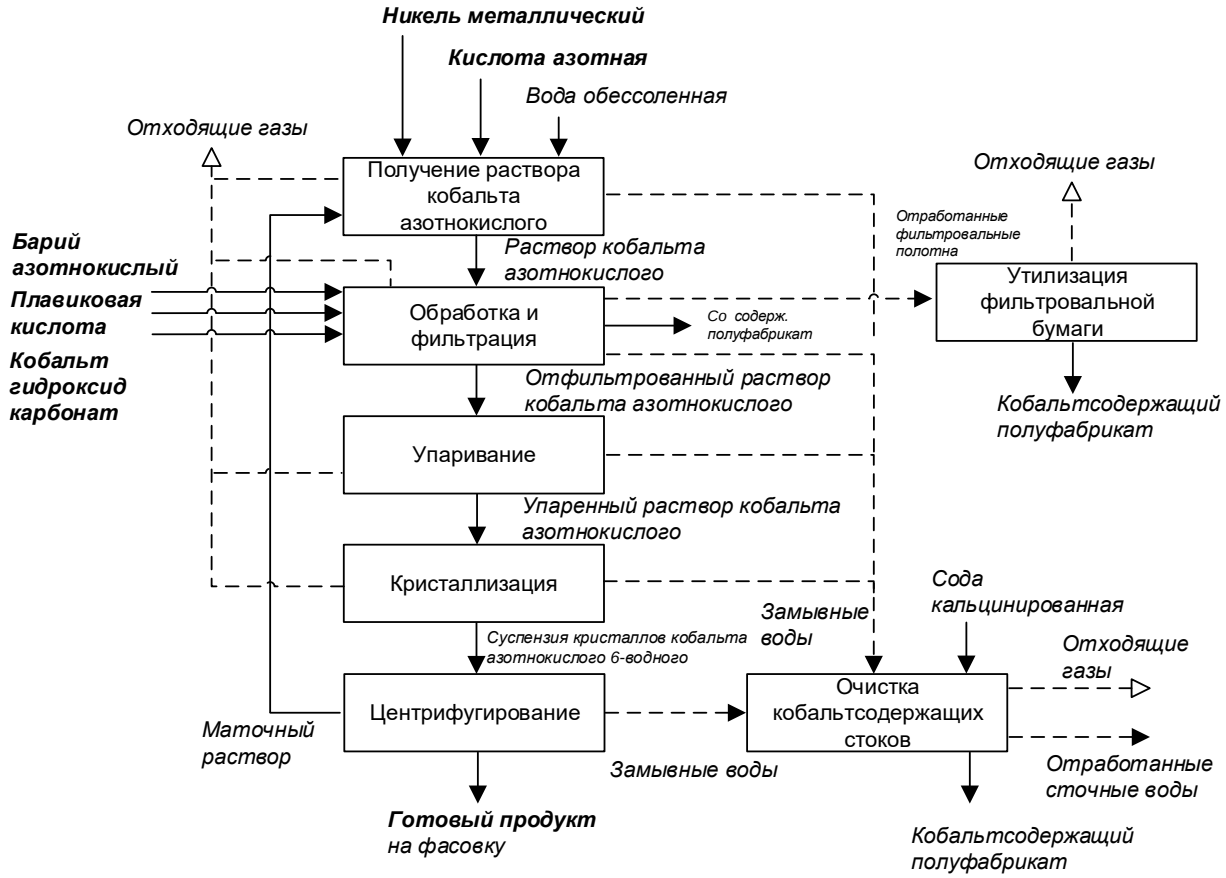


Рисунок 7.11 — Производство кобальта азотнокислого 6-водного

Получение раствора кобальта азотнокислого

Раствор кобальта азотнокислого получают путем растворения кобальта металлического в растворе азотной кислоты в замкнутом объеме при повышенном давлении, температура реакции поддерживается в пределах 105÷125 °С. Растворение продолжается 810 часов до достижения плотности раствора кобальта азотнокислого не менее 1550 кг/м^3.

Обработка раствора кобальта азотнокислого от примесей и его фильтрация

В зависимости от назначения раствора кобальта азотнокислого проводят его обработку от примесей кальция, магния, меди, железа, сульфатов.

Упаривание раствора кобальта азотнокислого

Упаривание раствора кобальта азотнокислого проводят в выпарном аппарате трубчатого типа при температуре 125 °С. Плотность полученного раствора должна составлять 1640÷1650 кг/м^3 при температуре 90÷100 °С.

Кристаллизация кобальта азотнокислого 6-водного

Кристаллизацию упаренного раствора проводят в кристаллизаторе барабанного типа, охлаждая раствор до температуры 47÷50 °С при помощи подачи оборотной воды в рубашку кристаллизатора. Затем охлаждение проводят естественным путем до температуры 36÷38 °С и повторяют водяное охлаждение до температуры 24÷27 °С.

Центрифугирование суспензии кристаллов кобальта азотнокислого 6-водного

Отделение кристаллов от маточного раствора кобальта азотнокислого проводят с помощью центрифуги. Маточный раствор направляют в начало процесса — на стадию получения раствора кобальта азотнокислого.

Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка

Готовый продукт — кристаллы кобальта азотнокислого 6-водного, фасуют, контролируют ОТК, анализируют и упаковывают.

Очистка кобальт содержащих стоков

Сбор вод от замывки оборудования, полов и т. д. происходит на локальной установке по обработке кобальтсодержащих стоков. В результате обработки замывных вод кальцинированной содой получают осадок — кобальтсодержащий полуфабрикат и обработанные сточные воды.

Утилизация фильтровальной бумаги

Фильтровальную бумагу от фильтрации растворов сжигают в электропечи при температуре 250÷300 °С. Полученная зола — кобальтсодержащий полуфабрикат — далее используется в качестве исходного сырья для производства кобальта сернокислого.

Таблица 7.43 — Описание технологического процесса производства кобальта азотнокислого 6-водного

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Кобальт металлический, кислота азотная, вода обессоленная, маточный раствор	Получение раствора кобальта азотнокислого	Раствор кобальта азотнокислого	Оксиды азота, азотная кислота	Емкостное оборудование	
Раствор кобальта азотнокислого	Обработка раствора кобальта азотнокислого от примесей и его фильтрация	Отфильтрованный раствор кобальта азотнокислого, кобальтсодержащий полуфабрикат, фильтровальные полотна	Оксиды азота	Емкостное оборудование, нутч-фильтр	
Отфильтрованный раствор кобальта азотнокислого	Упаривание раствора кобальта азотнокислого	Упаренный раствор кобальта азотнокислого	Оксиды азота, азотная кислота	Выпарной аппарат трубчатого типа	
Упаренный раствор кобальта азотнокислого	Кристаллизация кобальта азотнокислого 6-водного	Суспензия кристаллов кобальта азотнокислого 6-водного	Оксиды азота, аммиак	Кристаллизатор барабанного типа	

Окончание таблицы 7.43

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Суспензия кристаллов кобальта азотнокислого 6-водного	Центрифугирование суспензии кристаллов кобальта азотнокислого 6-водного	Кристаллы кобальта азотнокислого 6-водного, маточный раствор кобальта азотнокислого	Оксиды азота, азотная кислота	Центрифуга	
Кристаллы кобальта азотнокислого 6-водного	Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка	Готовый продукт	–	Фасовочная машина	
Замывные воды, сода кальцинированная	Очистка кобальт содержащих стоков	Обработанные сточные воды, кобальтсодержащий полуфабрикат	–	Емкостное оборудование, нутч-фильтр	
Фильтровальная бумага	Утилизация фильтровальной бумаги	Зола — кобальтсодержащий полуфабрикат	–	Электропечь	

Таблица 7.44 — Основное технологическое оборудование производства кобальта азотнокислого 6-водного

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Мерник азотной кислоты	Производство кобальта азотнокислого 6-водного	Нерж.сталь, V=1 м^3. Вертикальный цилиндрический аппарат с плоской крышкой и днищем, снабженный мерным стеклом
Мерник		Нерж. сталь, V=0,5 м^3. Вертикальный цилиндрический аппарат с эллиптическими днищем и крышкой, снабженный мерным стеклом
Ловушка		Сталь, эмаль V=2 м^3. Вертикальный цилиндрический аппарат с эллиптическими днищем и крышкой, снабженный мерным стеклом
Нутч-фильтр		Чугун, эмаль F=0,2 м^2
Вакуумный насос		Ст.3 $N_{дв.}$=30 кВт
Реактор		Нерж. сталь, V=3,2 м^3. Вертикальный цилиндрический аппарат с эллиптическим днищем, съемной крышкой, рубашкой пропеллерной мешалкой

Окончание таблицы 7.44

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Сборник	Производство кобальта азотнокислого 6-водного	Нерж. сталь, V= 2 м^3. Вертикальный цилиндрический аппарат с эллиптической крышкой
Нутч-фильтр		Нерж. сталь. Фильтр ваккумный нестандартный F=0,8 м^2
Реактор		Нерж. сталь, V=2 м^3. Вертикальный цельносварной сосуд с эллиптическим днищем, рубашкой
Мерник раствора соды кальцинированной		Влюминий, V=0,7 м^3. Вертикальный цилиндрический аппарат с плоской крышкой и днищем, снабженный мерным стеклом
Теплообменник		Нерж. сталь, F=49 м^2. Вертикальный цилиндрический аппарат
Гидрозатвор		Алюминий, V=0,4 м^3. Вертикальный цилиндрический аппарат с плоской крышкой и эллептическим днищем
Центробежный насос		Нерж. сталь, тип АХ-8/18-КС-Д $N_{дв.}$=4 кВт
Сборник промвод		Нерж. сталь, V=6,3 м^3. Вертикальный цельносварной аппарат с эллиптическим днищем
Сборник отфильтрованных промстоков		Нерж. сталь, V=5 м^3. Вертикальный цельносварной аппарат, снабженный мерным стеклом
Сборник маточного раствора		Нерж. сталь, V=2 м^3. Вертикальный цельносварной аппарат, снабженный мерным стеклом
Центробежный насос		Нерж. сталь, тип АХ-8/30-КС-Д $N_{дв.}$=4 кВт
Выпарной аппрат		Нерж. сталь. Аппарат трубчатого типа, F=50 м^2
Вентилятор		Сталь углеродистая, Тип Ц10-28 N3.15 $N_{дв.}$=4 кВт (ВР-11,В-129,ВР-12,В-107)
Кристаллизатор		Нерж. сталь, барабанного типа. Тип КВК-6,5
Кристаллоприемник		Нерж. сталь, V=1 м^3. Вертикальный цилиндрический аппарат с эллиптическим днищем, нижним спуском, мешалкой, рубашкой
Центрифуга		Тип ФГП-401-04, $N_{дв.}$= 11кВт

7.6.1.2 Описание технологических процессов, применяемых при производстве кобальта сернокислого 7-водного

Процесс производства кобальта сернокислого 7-водного состоит из следующих основных стадий (см. таблицу 7.45):

– приготовление раствора кобальта сернокислого и его фильтрация;

– упаривание раствора кобальта сернокислого;

– кристаллизация кобальта сернокислого 7-водного;

– центрифугирование суспензии кристаллов кобальта сернокислого 7-водного;

– фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка;

– сбор и обработка кобальтсодержащих сточных вод.

Принципиальная технологическая схема приведена на рисунке 7.12. Основное технологическое оборудование производства кобальта сернокислого 7-водного приведено в таблице 7.46.

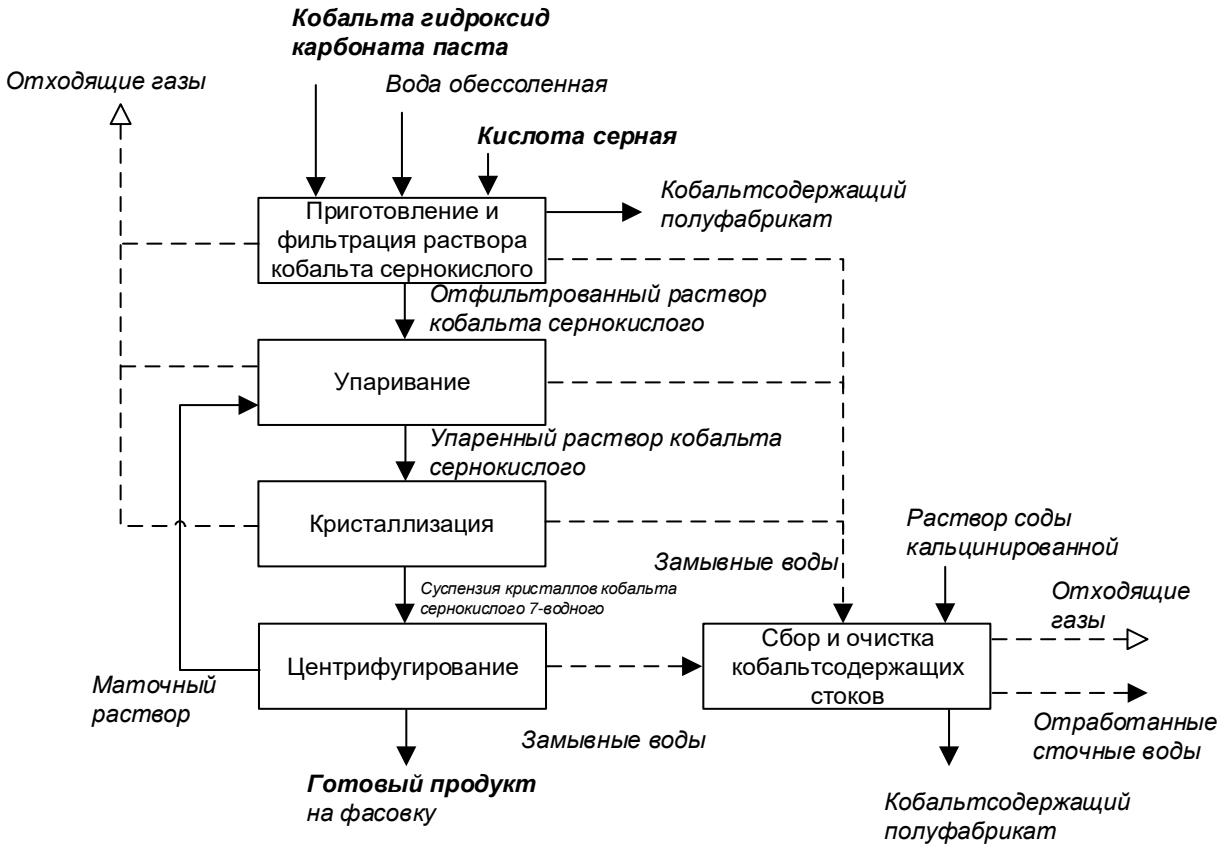


Рисунок 7.12 — Производство кобальта сернокислого 7-водного

Приготовление раствора кобальта сернокислого и его фильтрация

Раствор кобальта сернокислого получают путем растворения пасты кобальта гидроксида карбоната в растворе серной кислоты до достижения pH раствора не более 4 при температуре 50–70 °С. Затем раствор нагревают до температуры 90–100 °С и выдерживают при такой температуре 1,5–2 часа. Плотность полученного раствора должна быть 1250–1270 кг/м^3 при температуре 90–100 °С. Полученный раствор фильтруют под вакуумом.

Упаривание раствора кобальта сернокислого

Отфильтрованный раствор кобальта сернокислого упаривают до достижения плотности 1420–1450 кг/м^3 при температуре 90–100 °С.

Кристаллизация кобальта сернокислого 7-водного

Упаренный раствор кобальта сернокислого поступает на кристаллизацию, где первоначально ведут естественное охлаждение до температуры 50–60 °С, затем осуществляют охлаждение суспензии оборотной водой до температуры 20–25 °С.

Центрифугирование суспензии и обработка маточного раствора

Отделение кристаллов кобальта сернокислого 7-водного от маточного раствора проводят с помощью центрифуги. Маточный раствор обрабатывают от примесей и направляют на стадию упаривания.

Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка

Готовый продукт — кристаллы кобальта сернокислого 7-водного— фасуют, контролируют ОТК, анализируют и упаковывают.

Сбор и очистка кобальтсодержащих стоков

Сточные воды от замывки оборудования, полотен, мытья полов поступают на локальную установку по обработке кобальтсодержащих стоков. Обработку проводят раствором соды кальцинированной до определенных ПДК по кобальту.

Таблица 7.45 — Описание технологического процесса производства кобальта сернокислого 7-водного

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Кобальта гидроксид карбонат паста, вода обессоленная, кислота серная	Приготовление раствора кобальта сернокислого и его фильтрация	Отфильтрованный раствор кобальта сернокислого	Серная кислота, пыль сульфата кобальта	Емкостное оборудование, нутч-фильтр	
Отфильтрованный раствор кобальта сернокислого, маточный раствор	Упаривание раствора кобальта сернокислого	Упаренный раствор кобальта сернокислого	Пыль сульфата кобальта	Емкостное оборудование	
Упаренный раствор кобальта сернокислого	Кристаллизация кобальта сернокислого 7-водного	Суспензия кристаллов кобальта сернокислого 7-водного	–	Емкостное оборудование	
Суспензия кристаллов кобальта сернокислого 7-водного	Центрифугирование суспензии и обработка маточного раствора	Кристаллы кобальта сернокислого 7-водного, маточный раствор	Пыль сульфата кобальта	Центрифуга	
Кристаллы кобальта сернокислого 7-водного	Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка	Готовый продукт	Пыль сульфата кобальта	Фасовочная машина	
Замывные воды, р-р соды кальцинированной	Сбор и очистка кобальтсодержащих стоков	Обработанные сточные воды, кобальтсодержащий полуфабрикат	–	Емкостное оборудование, нутч-фильтр	

Таблица 7.46 – Основное технологическое оборудование производства кобальта сернокислого 7-водного

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Реактор	Производство кобальта сернокислого 7-водного	Нерж. сталь V=5 м^3
Сборник		Нерж. сталь V=0,63 м^3
Нутч-фильтр		Нерж. сталь F=2,6 м^3
Сборник очищенных стоков		Нерж. сталь V=5 м^3, снабжен мерным стеклом
Центробежный насос		Сталь, Q=8 м^3/час
Мерник		Сталь, эмаль V=0,63 м^3
Сборник		Чугун, эмаль V=0,16 м^3
Реактор		Сталь, эмаль V=2,5 м^3, с рубашкой и якорной мешалкой
Фильтр емкостной		Нерж. сталь F= 0,4 м^2
Сборник		Нерж. сталь V= 5 м^3
Мерник		Нерж. сталь V= 0,63 м^3
Мерник серной кислоты		Сталь, эмаль V= 0,63 м^3
Теплообменник		Графит
Реактор для упаривания раствора		Нерж. сталь, V=2 м^3
Реактор-кристаллизатор		Нерж. сталь, V=1 м^3
Сборник конденсата		Сталь, эмаль V=0,63 м^3
Центрифуга		Сборная ФБМ-633П-02
Сборник маточного раствора		Нерж. сталь, V=4 м^3
Ловушка		Нерж. сталь, V= 2,5 м^3
Ловушка		Чугун, эмаль, V=0,4 м^3
Вакуум-насос		ВВН-12,Q=12 м^3/мин
Реактор		Чугун, эмаль V=2 м^3

7.6.1.3 Описание технологических процессов, применяемых при производстве кобальта углекислого основного водного

Процесс производства кобальта углекислого основного водного состоит из следующих основных стадий (см. таблицу 7.47):

– получение пульпы кобальта углекислого основного водного;

– отжим и отмывка пасты кобальта углекислого основного водного;

– фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка;

– сбор и очистка кобальтсодержащих сточных вод.

Принципиальная технологическая схема приведена на рисунке 7.13.

Основное технологическое оборудование производства кобальта углекислого основного водного приведено в таблице 7.48.

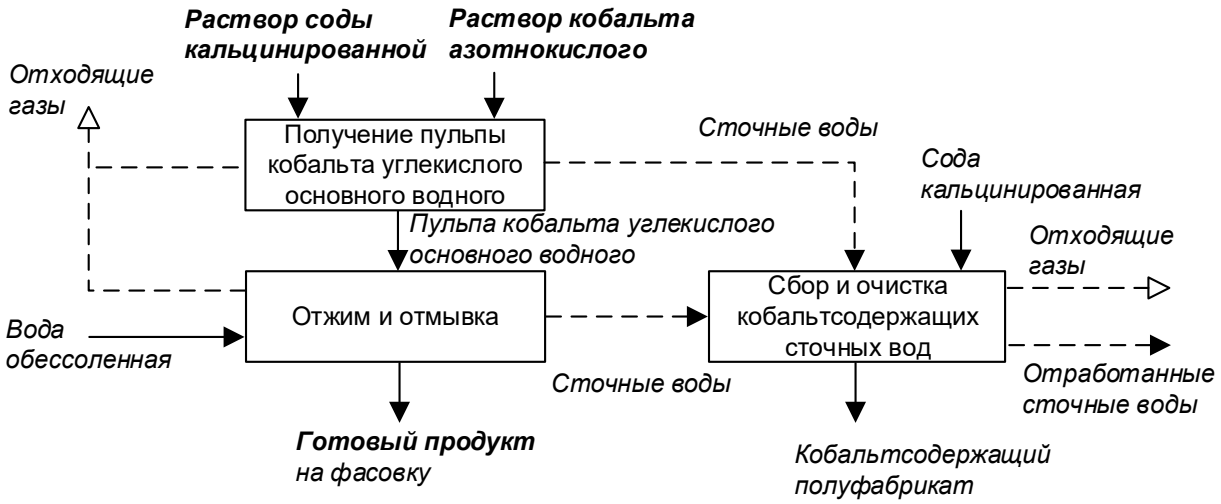


Рисунок 7.13 — Производство кобальта углекислого основного водного

Получение пульпы кобальта углекислого основного водного

Синтез кобальта углекислого основного водного проводят при параллельном сливе растворов соды кальцинированной и кобальта (II) азотнокислого. Температура пульпы — в пределах 90–95 °С. Продолжительность слива составляет 1–1,5 часа, перемешивание раствора продолжают в течение 30 минут. Осуществляют контроль величины pH, которая должна составлять 8,5–8,6.

Отжим и отмывка пасты кобальта углекислого основного водного

Отжим и отмывку пасты проводят на нутч-фильтре с помощью вакуума до определенных контрольных показателей.

Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка

Готовый продукт — пасту кобальта углекислого основного водного — фасуют, контролируют ОТК, анализируют и упаковывают.

Сбор и очистка кобальтсодержащих сточных вод

Сточные воды от замывки оборудования, полотен, мытья полов поступают на локальную установку по обработке кобальтсодержащих стоков. Обработку проводят раствором соды кальцинированной до определенных ПДК по кобальту.

Таблица 7.47 — Описание технологического процесса производства кобальта углекислого основного водного

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Раствор соды кальцинированной, раствор кобальта азотнокислого	Получение пульпы кобальта углекислого основного водного	Пульпа кобальта углекислого основного водного	Пыль натрия карбоната, кобальта карбоната	Емкостное оборудование	
Пульпа кобальта углекислого основного водного, вода обессоленная	Отжим и отмывка пасты кобальта углекислого основного водного	Паста кобальта углекислого основного водного, маточный раствор, промывные воды	Пыль натрия карбоната, кобальта карбоната	Емкостное оборудование, нутч-фильтр, вакуум-ловушка, вакуум-насос	
Паста кобальта углекислого основного водного	Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка	Готовый продукт	–	Фасовочная машина	
Сточные воды, раствор соды кальцинированной	Сбор и очистка кобальтсодержащих сточных вод	Обработанные сточные воды, кобальтсодержащий полуфабрикат	–	Емкостное оборудование, нутч-фильтр	

Таблица 7.48 — Основное технологическое оборудование производства кобальта углекислого основного водного

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Реактор	Производство кобальта углекислого основного водного	Нерж. сталь V=2 м^3
Центробежный насос		Энергопотребление 31,3 кВт·ч/т продукции
Вентилятор ВР-11		Энергопотребление 156,3 кВт·ч/т продукции
Нутч-фильтр		
Сборник промывных вод		Нерж. сталь V=10 м^3
Ловушка		
Вакуум-насос ВВН-6		ВВН-12, Q=12 м^3/мин
Сборник		Нерж. сталь V=1 м^3

7.6.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при производстве соединений кобальта

7.6.2.1 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при производстве кобальта азотнокислого 6-водного

Нормы расхода сырья и энергоресурсов при производстве кобальта азотнокислого 6-водного приведены в таблице 7.49.

Характеристика выбросов загрязняющих веществ, образующихся при производстве 6-водного азотнокислого кобальта, приведена в таблице 7.50.

Таблица 7.49 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве кобальта азотнокислого 6-водного

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Кобальт	кг/т	–	208
Кислота азотная неконцентрированная	кг/т	–	946,25
Сода кальцинированная техническая	кг/т	–	69,25
Бязь	м/т	–	0,625
Фильтродиагональ	м/т	–	0,3
Ткань фильтровальная лавсановая	м/т	–	0,5
Бумага фильтровальная	кг/т	–	3
Барий азотнокислый	кг/т	–	1
Кислота фтористоводородная	кг/т	–	1
Тепловая энергия (пар)	Гкал/т	–	8,25
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	405
Вода обессоленная	$м^3$/т	–	1

Таблица 7.50 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве кобальта азотнокислого 6-водного

Источники выбросов	Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на 1 т продукции, кг/т		
			Диапазон		Среднее значение
			минимальное значение	максимальное значение	
Выбросы организованные	Азота диоксид	–	–	3,97	–
	Азота оксид	–	–	0,574	–
	Азотная кислота	–	–	17,10	–
	Аммиак	–	–	15,36	–

7.6.2.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при производстве кобальта сернокислого 7-водного

Нормы расхода сырья и энергоресурсов при производстве кобальта сернокислого 7-водного приведены в таблице 7.51. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве кобальта сернокислого 7-водного приведены в таблице 7.52.

Таблица 7.51 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве кобальта сернокислого 7-водного

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Кобальт гидроксид карбонат паста п/ф Co-25,9%	кг/т	–	220,27
Кислота серная техн.	кг/т	–	380,9
Сода кальцинированная техническая	кг/т	–	116
Бумага фильтровальная	кг/т	–	10
Бязь	м/т	–	1,545
Ткань фильтровальная лавсановая	м/т	–	0,909
Бельтинг	м/т	–	1,545
Тепловая энергия (пар)	Гкал/т	–	5,909
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	2557,27
Вода обессоленная	$м^3$/т	–	1

Таблица 7.52 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве кобальта сернокислого 7-водного

Источники выбросов	Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на 1 т продукции, кг/т		
			Диапазон		Среднее значение
			минимальное значение	максимальное значение	
Выбросы организованные	Кобальт сульфат (в перерасчете на кобальт)	–	–	0,443	–
	Серная кислота (100% H_2SO_4)	–	–	25,0	–

7.6.2.3 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при производстве кобальта углекислого основного водного

Нормы расхода сырья и энергоресурсов при производстве кобальта углекислого основного водного приведены в таблице 7.53. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве кобальта углекислого основного водного приведены в таблице 7.54.

Таблица 7.53 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве кобальта углекислого основного водного

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Кобальт (II) азотнокислый раствор	кг/т	–	2603
Сода кальцинированная техническая	кг/т	–	500
Бязь	м/т	–	0,75
Фильтродиагональ	м/т	–	0,25
Ткань фильтровальная лавсановая	м/т	–	0,25
Тепловая энергия (пар)	Гкал	–	20
Электроэнергия	кВт·ч	–	1603
Вода обессоленная	$м^3$	–	16

Таблица 7.54 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве кобальта углекислого основного водного

Источники выбросов	Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на 1 т продукции, кг/т		
			Диапазон		Среднее значение
			минимальное значение	максимальное значение	
Выбросы организованные	Кобальт карбонат (в перерасчете на кобальт)	–	–	0,525	–
	Динатрий карбонат	–	–	2,108	–

Сброса сточных вод во внешнюю среду производство соединений кобальта не имеет. Очищенные на локальных установках сточные воды передаются на станцию нейтрализации стороннего предприятия. Отходы, образующиеся при производстве кадмия сернокислого, приведены в таблице 7.55.

Таблица 7.55 — Отходы, образующиеся при производстве кадмия сернокислого

Наименование	Класс опасности	Источник образования	Способ утилизации, обезвреживания, размещения	Масса образующихся отходов производства в расчете на 1 тонну продукции, кг/т		
				Диапазон		Среднее значение
				Минимальное значение	Максимальное значение	
Ткани фильтровальные из разнородных материалов в смеси, загрязненные нерастворимыми или малорастворимыми минеральными веществами	–	–	–	–	0,0526	–

7.7 Производство соединений меди

Производство меди (II) азотнокислой 3-водной 45%-ного раствора

Медь (II) азотнокислая 3-водная 45%-ный раствор (тригидрат нитрата меди (II), химическая формула $Cu(NO_3)_2 \cdot 3H_2O$) выпускается промышленностью в виде жидкости зелено-синего цвета.

Производство меди (I) оксида

Медь (I) оксид (химическая формула Cu_2O) выпускается промышленностью в виде коричнево-красного порошка.

Оксид меди (I) применяется в качестве пигмента для стекла, керамики, глазурей, в электротехнике, как компонент красок, препятствующих обрастанию подводных частей судов, в качестве фунгицида, в лабораторной практике.

Производство меди (II) оксида

Медь (II) оксид (химическая формула CuO) выпускается промышленностью в виде твердых гранул коричневато-бурого или черно-бурого цвета размером 3–5 мм (гранулированный) или тонкого порошка черного цвета (порошкообразный).

Также оксид меди (II) производится в виде проволоки — черно-серых стержней диаметром 0,5–0,8 мм и длиной 1–10 мм.

Оксид меди (II) применяется для комбикормов, для получения катализаторов, как пигмент для стекла, керамики, эмалей, в органическом синтезе и лабораторной практике.

Производство меди (I) хлорида

Медь (I) хлористая (хлорид меди (I), химическая формула CuCl), выпускается промышленностью в виде порошка серовато-белого или серовато-зеленого цвета, который быстро зеленеет на воздухе с образованием основной соли.

Хлорид меди (I) применяется в электротехнике, в качестве катализатора в орг-синтезе, антиоксиданта для растворов целлюлозы, при очистке ацетилена, в производстве аккумуляторов, в лабораторной практике.

7.7.1 Описание технологических процессов, применяемых при производстве соединений меди

7.7.1.1 Описание технологических процессов, применяемых при производстве меди (II) азотнокислой 3-водной 45%-ного раствора

Процесс производства меди (II) азотнокислой трехводной 45%-ного раствора состоит из следующих основных стадий (см. таблицу 7.56):

– растворение медьсодержащего сырья в растворе азотной кислоты;

– фильтрация раствора меди (II) азотнокислой;

– фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка.

Принципиальная технологическая схема приведена на рисунке 7.14.

Основное технологическое оборудование производства меди (II) азотнокислой трехводной 45%-ного раствора приведено в таблице 7.57.

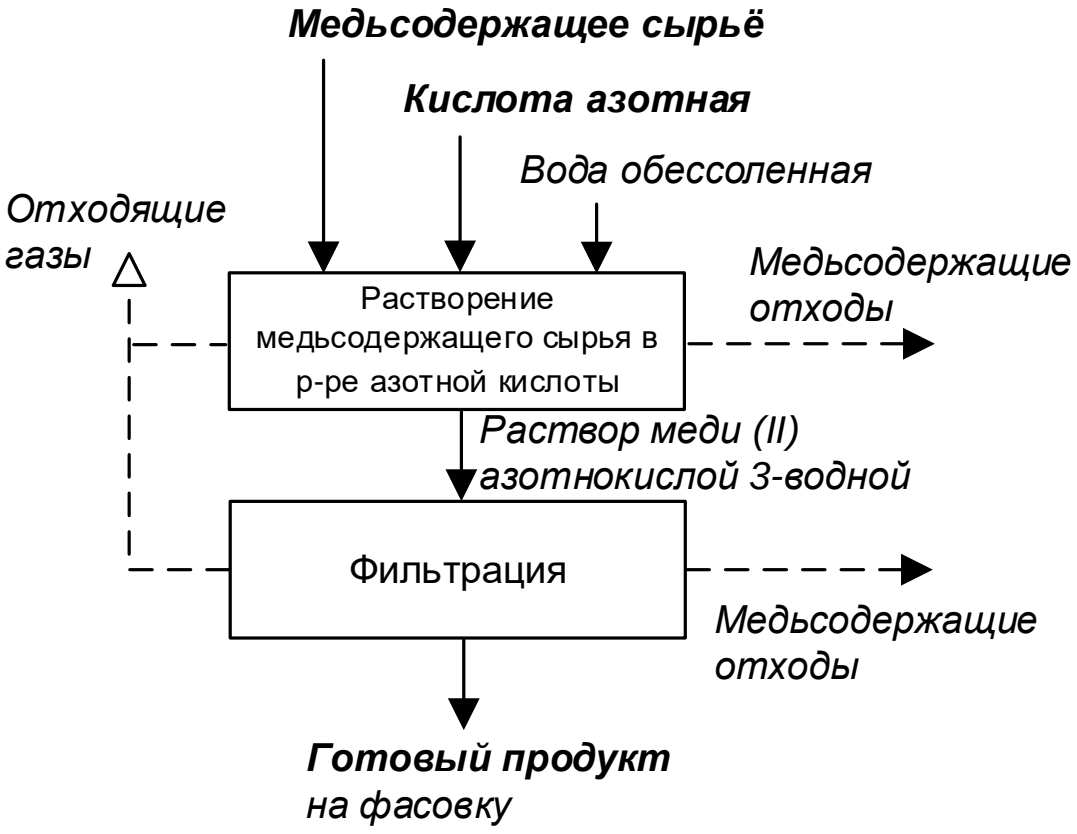


Рисунок 7.14 — Производство меди (II) азотнокислой трехводной 45%-ного раствора

Растворение медьсодержащего сырья в растворе азотной кислоты

Растворение медьсодержащего сырья в растворе азотной кислоты проводят в замкнутом объеме при температуре 55–60 °С и избыточном давлении до достижения плотности раствора 1350 кг/м^3, которую замеряют при температуре 50±10 °С и до контрольных показателей по массовой доле меди (II) азотнокислой трехводной и массовой доли свободной азотной кислоты.

Фильтрация раствора меди (II) азотнокислой

Полученный 45%-ный раствор меди (II) азотнокислой трехводной отфильтровывают на нутч-фильтре под вакуумом.

Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка

Отфильтрованный раствор фасуют, упаковывают, анализируют, сдают на склад готовой продукции.

Таблица 7.56 — Описание технологического процесса производства меди (II) азотнокислой терхводной 45%-ного раствора

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Медьсодержащее сырье, вода обессоленная, азотная кислота	Растворение медьсодержащего сырья в растворе азотной кислоты	Раствор меди (II) азотнокислой трехводной	Оксиды азота	Емкостное оборудование	
Раствор меди (II) азотнокислой терх-водной	Фильтрация раствора меди (II) азотнокислой	45%-ный раствор меди (II) азотнокислой трехводной, медьсодержащие отходы	–	Нутч-фильтр, вакуум-насос	
45%-ный раствор меди (II) азотнокислой трехводной	Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка	Готовый продукт	–		

Таблица 7.57 — Основное технологическое оборудование производства меди (II) азотнокислой трехводной 45%-ного раствора

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Вакуум-насос ВВН-3	Производство меди (II) азотнокислой трехводной 45%-ного раствора	Сборн. Q=3,0 м^3/мин
Ловушка		Сталь-эмаль, V=0,4 м^3
Сборник		Нерж. сталь, V=2,0 м^2
Реактор		Нерж. сталь, V=1 м^3
Сборник		Сталь-эмаль, V=2,0 м^3
Теплообменник		Нерж. сталь, F=18 м^2
Холодильник обратный		Нерж. сталь, F=0,5 м^2
Реактор		Нерж. сталь, V=2,0 м^3
Мерник азотной кислоты		Нерж. сталь, V=1,0 м^3
Ловушка		Нерж. сталь, V=0,4 м^3
Гидрозатвор		Нерж. сталь, V=0,4 м^3
Сборник		Нерж. сталь, V=3,6 м^3
Нутч-фильтр		Нерж. сталь, F=1,0 м^2
Ловушка		Нерж. сталь, V=1,0 м^3
Вакуум-насос ВВН-3		Сборн. Q=3,0 м^3/мин

7.7.1.2 Описание технологических процессов, применяемых при производстве меди (I) оксида

Процесс производства меди (I) оксида состоит из следующих основных стадий (см. таблицу 7.58):

– приготовление шихты из меди оксида (II) и медного порошка;

– окислительно-восстановительный обжиг шихты;

– выгрузка, измельчение, просев и усреднение полученного меди (I) оксида;

– фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка.

Принципиальная технологическая схема приведена на рисунке 7.15. Основное технологическое оборудование производства меди (I) оксида приведено в таблице 7.59.

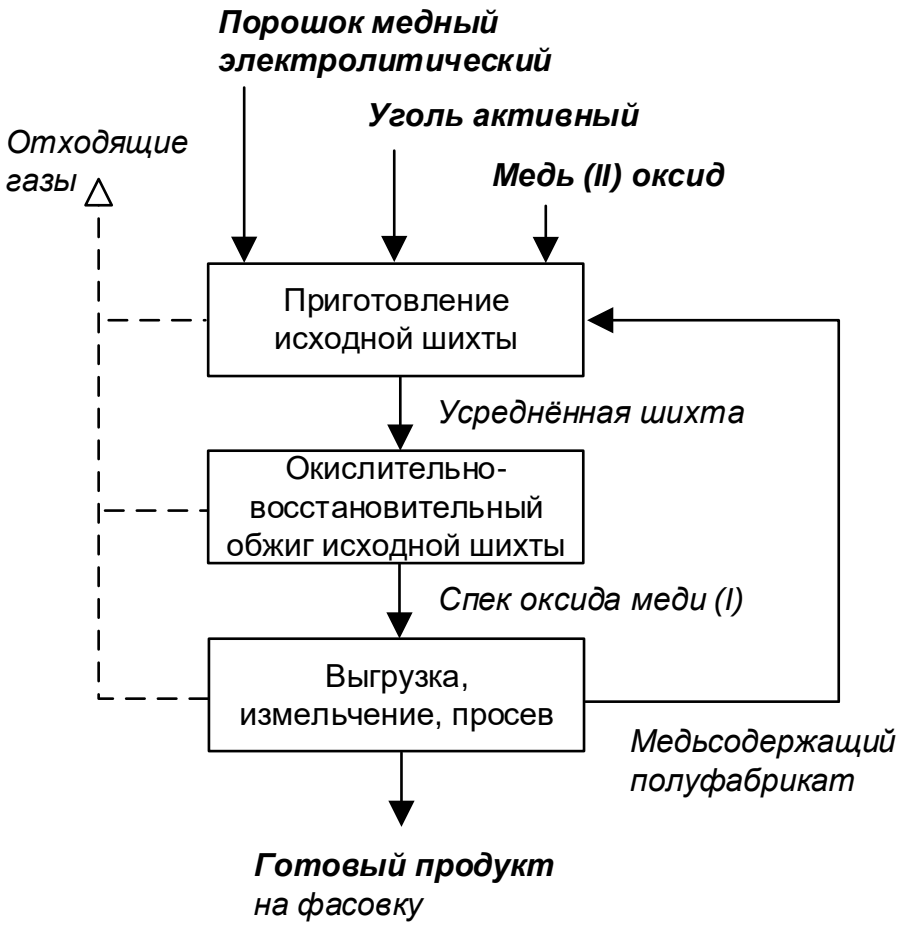


Рисунок 7.15 — Производство меди (I) оксида

Приготовление шихты из меди оксида (II) и медного порошка

Исходную шихту готовят из меди оксида (II) и медного порошка по специальной методике путем смешивания в смесителе, после смешения шихту выгружают в жароупорные стаканы и устанавливают в прокалочную печь.

Окислительно-восстановительный обжиг шихты

Окислительно-восстановительный обжиг шихты с получением меди (I) оксида осуществляют в жароупорных стаканах путем прокаливания в течение 6–8 часов при температуре 800±20 °С в электропечи.

Выгрузка, измельчение, просев и усреднение полученного меди (I) оксида

Выгруженные после прокалки стаканы охлаждают, содержимое стаканов извлекают путем высверливания. Высверленный полуфабрикат измельчают в щековой дробилке, затем на дисмембраторе. Размолотый продукт просеивают на вибросите и усредняют путем смешения в смесителе.

Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка

Усредненный готовый продукт меди (I) оксида фасуют, упаковывают, анализируют, сдают на склад готовой продукции.

Таблица 7.58 — Описание технологического процесса производства меди (I) оксида

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Оксид меди (II), медный порошок, уголь активный	Приготовление шихты из меди оксида (II) и медного порошка	Усредненная шихта	–	Смеситель	
Усредненная шихта	Окислительно-восстановительный обжиг шихты	Спек оксида меди (I)	–	Электропечь	
Спек оксида меди (I)	Выгрузка, измельчение, просев и усреднение полученного меди (I) оксида	Оксид меди (I)	–	Щековая дробилка, дисмембратор	
Оксид меди (I)	Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка	Готовый продукт	–		

Таблица 7.59 — Основное технологическое оборудование производства меди (I) оксида

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Смеситель С2Р-100	Производство меди (I) оксида	Сталь $V_{кор}$=100 л
Питатель винтовой		Нерж. сталь Q = 0,04-0,24 м^3/ч
Электропечь СНО 4.8.2,6-10 исп. М-01		Сборн. N=30 кВт, $t_{вых.}$=1000 °С
Станок для высверливания стаканов		Сборн.
Щековая дробилка ДЛЩ-80		Сборн.
Пальцевый измельчитель У1-0,25-1К-02		Q= 250 кг/ч
Вибросито ВС-2		Нерж. сталь Q = 80–300 кг/ч

7.7.1.3 Описание технологических процессов, применяемых при производстве меди (II) оксида

Процесс производства порошкообразного оксида меди (II) состоит из следующих основных стадий (см. таблицу 7.60):

– подготовительные работы;

– загрузка медного порошка и его окисление в псевдоожиженном слое;

– охлаждение и выгрузка полученного меди (II) оксида;

– измельчение полученного продукта;

– фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка;

Принципиальная технологическая схема приведена на рисунке 7.16.

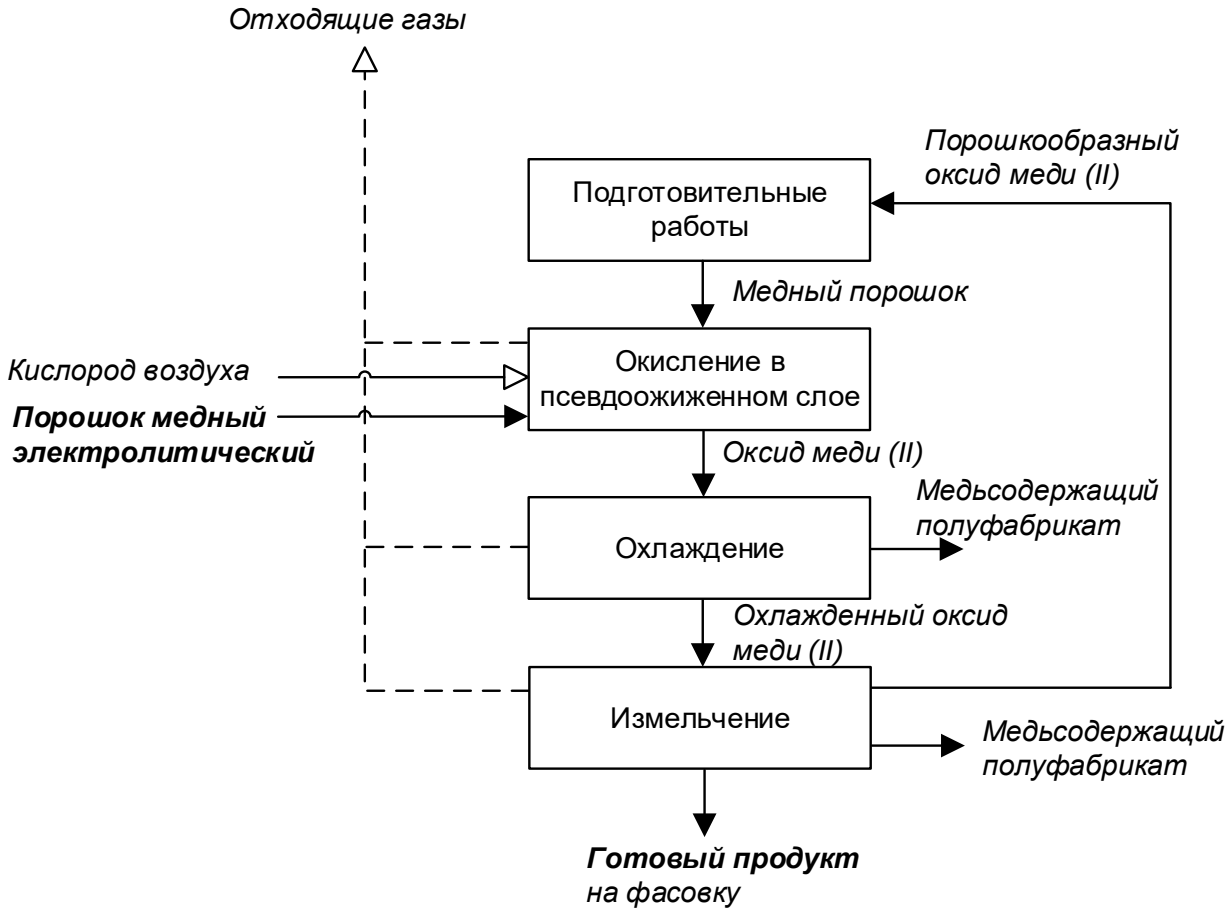


Рисунок 7.16 — Производство меди (II) оксида порошкообразного

Подготовительные работы

Подготовительные работы заключаются во включении калорифера и прогреве печи до температуры 320–350 °С.

Загрузка медного порошка и его окисление в псевдоожиженном слое

Окисление медного порошка до оксида меди (II) проводят кислородом воздуха в печи с псевдоожиженным слоем при температуре 530–600 °С.

Охлаждение и выгрузка полученного меди (II) оксида

Охлаждение меди (II) оксида осуществляют в водоохлаждаемом шнеке-холодильнике.

Измельчение полученного продукта

Измельчение охлажденного меди (II) оксида проводят в пальцевом измельчителе до фракции менее 160 мкм.

Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка

Готовый продукт — порошкообразный оксид меди (II) — фасуют, контролируют ОТК, анализируют и упаковывают.

Таблица 7.60 — Описание технологического процесса производства меди (II) оксида

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Порошок медный электролитический, кислород воздуха	Загрузка медного порошка и его окисление в псевдоожиженном слое	Оксид меди (II)	Оксиды азота, оксид меди (II), углерод оксид	Печь кипящего слоя	
Оксид меди (II)	Охлаждение и выгрузка полученного меди (II) оксида	Охлажденный оксид меди (II)	–	Шнек-холодильник	
Охлажденный оксид меди (II)	Измельчение полученного продукта	Оксид меди (II) порошкообразный	Оксид меди (II)	Пальцевый измельчитель	
Оксид меди (II) порошкообразный	Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка	Готовый продукт	–		

Процесс производства оксида меди (II) в виде проволоки состоит из следующих основных стадий (см. таблицу 7.61):

– подготовка медной проволоки;

– получение меди (II) оксида проволоки;

– охлаждение и просев полученной меди (II) оксида проволоки;

– фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка;

Принципиальная технологическая схема приведена на рисунке 7.17.

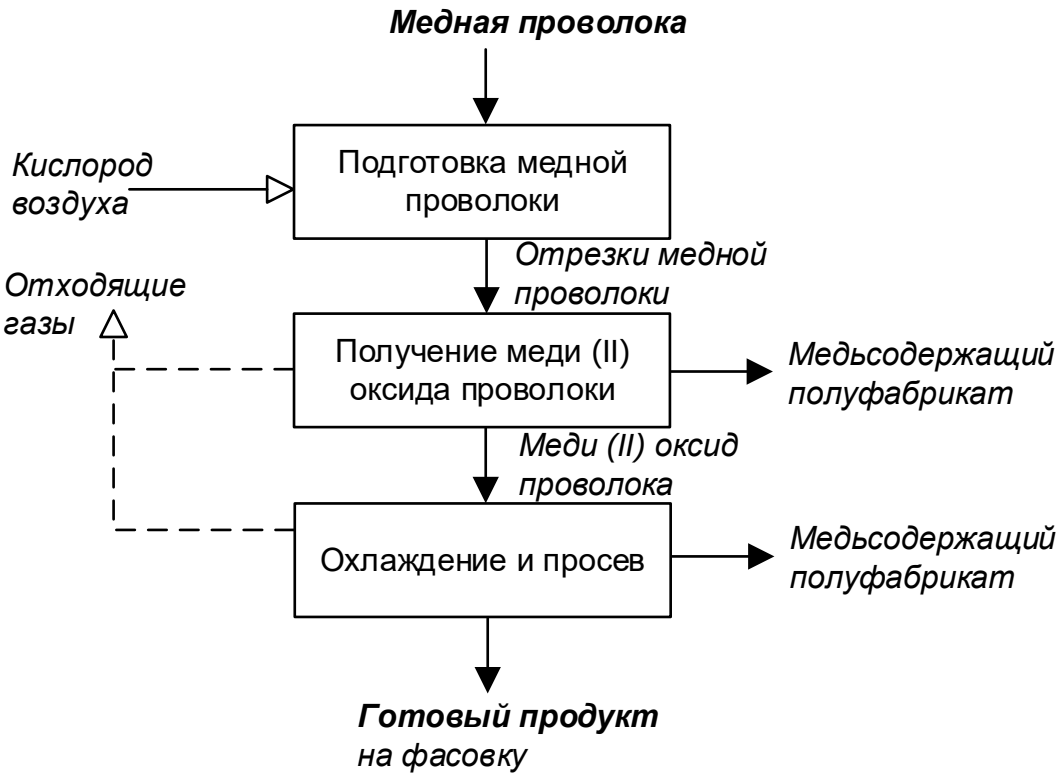


Рисунок 7.17 — Производство меди (II) оксида проволоки

Подготовка медной проволоки

Стадия подготовки заключается в рубке медной проволоки в виде катушек на отрезки 30–40 см.

Получение меди (II) оксида проволоки

Прокаливание медной проволоки в электропечи в течение 72–80 часов при температуре 780±20 °С до достижения полноты окисления.

Охлаждение и просев полученной меди (II) оксида проволоки

Полученную медь (II) оксид проволоку охлаждают до температуры помещения и просеивают вручную через сетку № 2,5, затем — № 0,5, отделяя медь (II) оксид порошок.

Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка

Готовый продукт — медь (II) оксид в виде проволоки — фасуют, контролируют ОТК, анализируют и упаковывают.

Таблица 7.61 — Описание технологического процесса производства меди (II) оксида в виде проволоки

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные, и промежуточные продукты	Эмиссии		
Медные катушки	Подготовка медной проволоки	Отрезки медной проволоки	–	Оборудование для рубки	
Отрезки медной проволоки	Получение меди (II) оксида проволоки	Меди (II) оксид проволока	–	Электропечь	
Меди (II) оксид проволока	Охлаждение и просев полученной меди (II) оксида проволоки	Меди (II) оксид проволока, медь (II) оксид порошок	–	Сита	
Меди (II) оксид проволока	Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка	Готовый продукт	–		

Процесс производства гранулированного оксида меди (II) состоит из следующих основных стадий (см. таблицу 7.62):

– приготовление шихты;

– грануляция шихты;

– первичное прокаливание полученных гранул;

– классификация гранул;

– дробление нестандартных гранул;

– вторичное прокаливание стандартных гранул;

– фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка;

Принципиальная технологическая схема приведена на рисунке 7.18. Оборудование производства меди (II) оксида приведено в таблице 7.63.

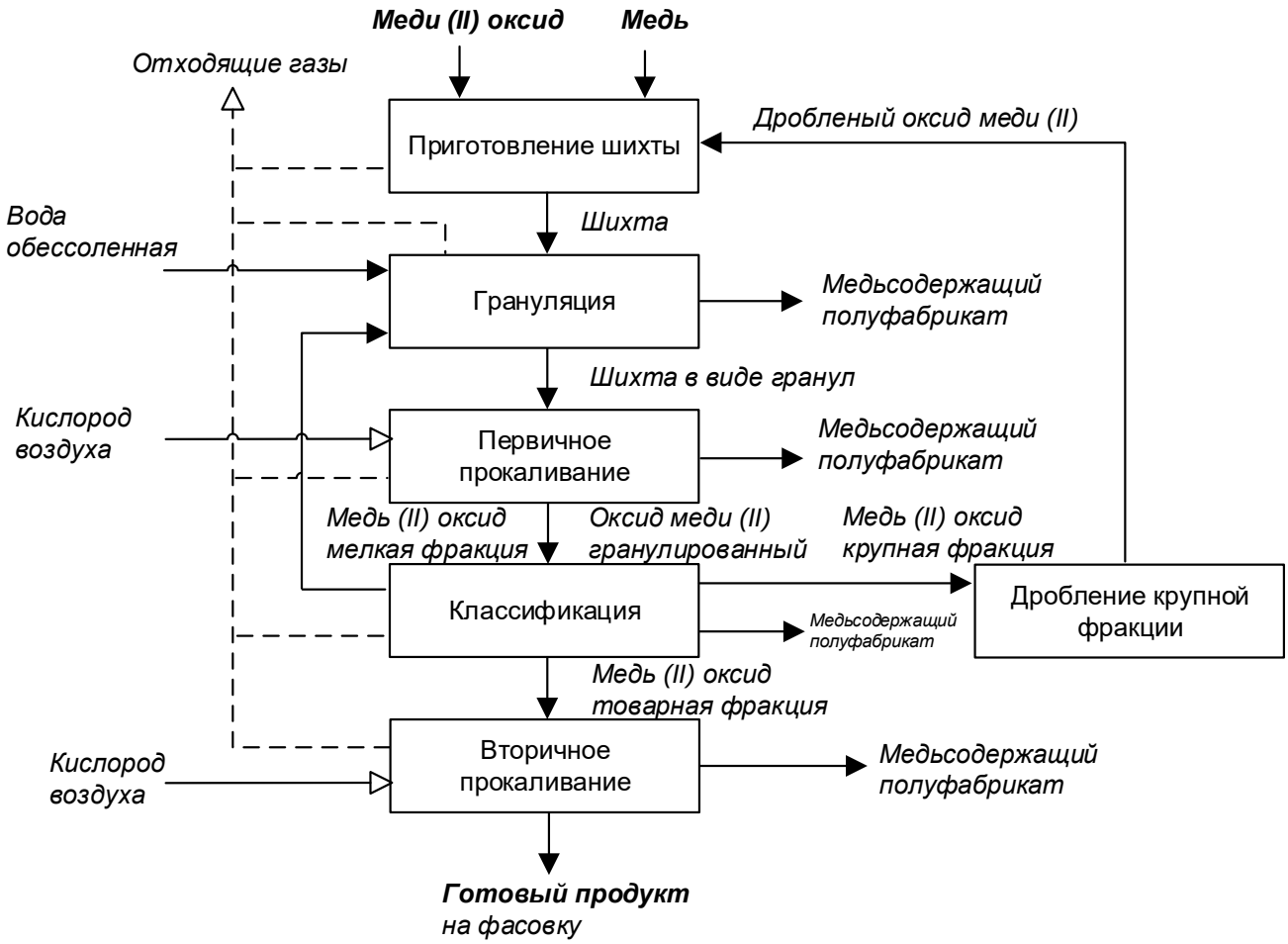


Рисунок 7.18 — Производство меди (II) оксида гранулированного

Приготовление шихты

Первоначально готовят однородную шихту в смесителе путем смешения меди (II) оксида порошкообразной с медным порошком.

Грануляция шихты

Затем на тарельчатом грануляторе происходит образование гранул диаметром 0,5–10 мм за счет вращения барабана, смешивания шихты с водой обессоленной.

Первичное прокаливание полученных гранул

Полученные гранулы прокаливают в электропечи в течение 6 часов при температуре 700±10 °С.

Классификация гранул

Прокаленные гранулы охлаждают до температуры помещения и классифицируют на грохоте, разделяя по фракциям. Мелкую фракцию используют для приготовления гранул, крупную фракцию измельчают на дисмембраторе, полученный порошок направляют на приготовление исходной шихты.

Дробление нестандартных гранул

Дробление крупной фракции осуществляют на дисмембраторе.

Вторичное прокаливание стандартных гранул

Гранулы после классификации повторно прокаливают в течение 6 часов при температуре 800±10 °С и охлаждают до температуры помещения.

Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка

Готовый продукт — гранулированный оксид меди (II) — фасуют, контролируют ОТК, анализируют и упаковывают.

Таблица 7.62 — Описание технологического процесса производства меди (II) оксида гранулированного

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные, и промежуточные продукты	Эмиссии		
Меди (II) оксид порошок, медный порошок, дробленая фракция	Приготовление шихты	Шихта		Смеситель	
Шихта, вода обессоленная, мелкая фракция	Грануляция шихты	Шихта в виде гранул		Тарельчатый гранулятор	
Шихта в виде гранул, кислород воздуха	Первичное прокаливание полученных гранул	Оксид меди (II) гранулированный		Электропечь	
Оксид меди (II) гранулированный	Классификация гранул	Оксид меди (II) гранулированный: товарная фракция, крупная и мелкая		Грохот	
Крупная фракция оксида меди (II)	Дробление нестандартных гранул	Дробленый оксид меди (II)		Дисмембратор	
Товарная фракция оксида меди (II), кислород воздуха	Вторичное прокаливание стандартных гранул	Оксид меди (II) гранулированный	Медь оксид	Электропечь	
Оксид меди (II) гранулированный	Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка	Готовый продукт		Фасовочная машина	

Таблица 7.63 — Оборудование производства меди (II) оксида

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Газодувка 1Г24-302В	Производство оксида меди (II) порошкообразный	Сборн. Q=685 м^3/ч
Электрокалорифер		Сборн. N=135 кВт, t вых.= 600 °С
Бункер		Нерж. сталь, V=630 дм^3
Питатель винтовой ПВ-50К		Сталь, Q=0,04-0,24 м^3/ч
Печь ПП1К-4-09		Нерж. сталь, Q=120 кг/ч

Окончание таблицы 7.63

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Шнек		Нерж. Сталь Q=0,05 м^2/ч, t вых.=40°С
Бункер		Нерж. сталь, V=250 дм^3
Питатель шлюзовой ПШ-100РК		Сталь, Q=0,04-0,14 м^3/ч
Измельчитель пальцев.		Сборн. Q=250 кг/ч
Бункер		Нерж. сталь, V=3,3 м^3
Вибросито ВС-2		Сборн. Q=100-300 кг/ч
Весы платформенные РП-150		Сборн.
Кабина разгрузочная		Сталь
Бункер		Нерж. сталь, V=160 дм^3
Холодильник «труба в трубе»		Нерж. сталь, F=2,4 м^2
Циклон ЦН-15		Нерж. сталь
Вентилятор ВВД-8		Сталь, Q=8900 м^3/ч
Фильтр рукавный Г4-16ФМ60		Сборн. F=60 м^2
Вибратор ИВ-98		Сборн. n=3000 об/ч
Электропечь СНЗ-8123143М1	Производство оксида меди (II) проволока	Сборн. N=30 кВт, t вых.=1000°С
Бачок		Оцинкованное железо
Сетка		Латунь, N2,5 N05
Смеситель С-2Р-100	Производство оксида меди (II) гранулированный	Сталь V=100 дм^3
Бункер		Сборн. V=630 дм^3
Тарельчатый гранулятор		Нерж. сталь Q= 30–50 кг/ч
Бачок		Оцинкован. железо
Электропечь		Сборный
Тележка		Нерж. сталь
Грохот		Нерж. сталь
Дробилка ДПЩ-80		Сборн.
Противень		Нерж. сталь
Рукавный фильтр ФВК-90		Сборн.
Вентилятор ЦП7-40№6		Сборн.
Дисмембратор ДМ-250		Сборн.
Электропечь СНЗ-8123143М1		Сборн. N=30 кВт, t вых.=1000 °С
Бачок		Оцинкованное железо
Сетка		Латунь, N 2,5 N 05

7.7.1.4 Описание технологических процессов, применяемых при производстве меди (I) хлорида

Процесс производства меди (I) хлорида активированной для аккумуляторной промышленности состоит из следующих основных стадий (см. таблицу 7.64):

– синтез меди (I) хлорида;

– отжим и промывка осадка меди (I) хлорида;

– упаривание маточного раствора и солянокислых промвод;

– сушка меди (I) хлорида;

– измельчение, активирование и просев меди (I) хлорида;

– фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка;

– обработка медьсодержащих сточных вод.

Принципиальная технологическая схема приведена на рисунке 7.19. Оборудование производства меди (I) хлорида приведено в таблице 7.65.

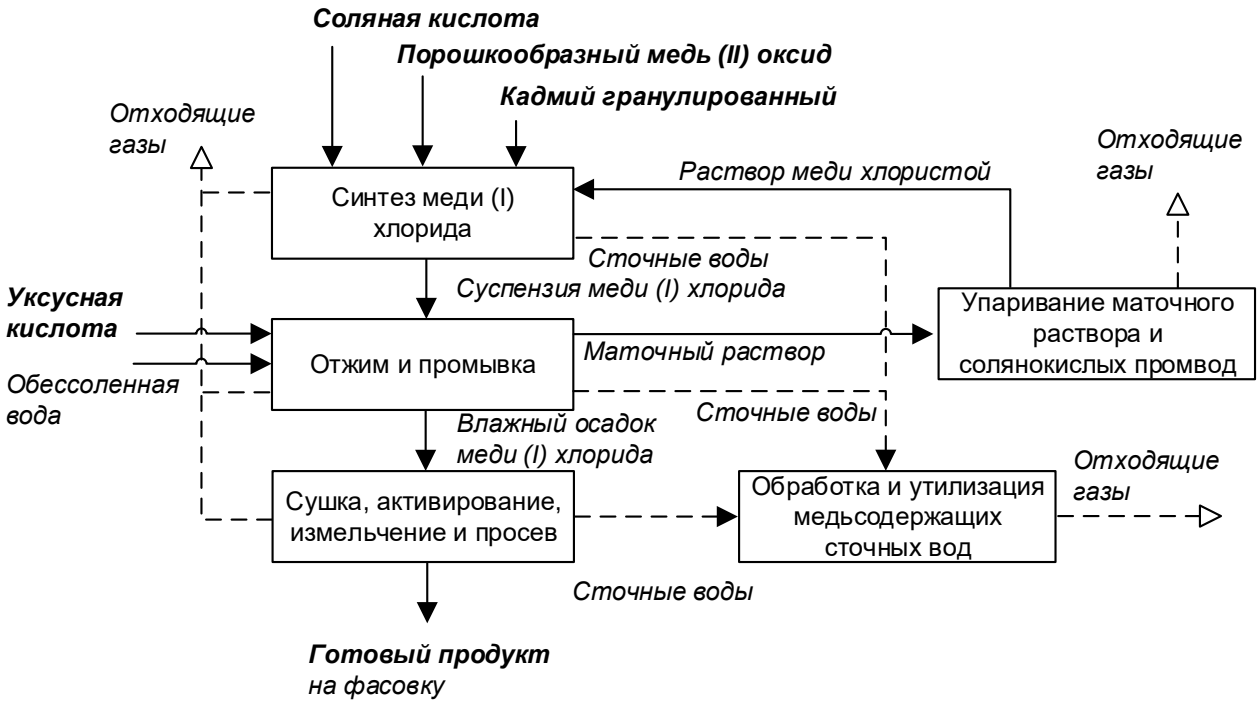


Рисунок 7.19 — Производство меди (I) хлорида

Синтез меди (I) хлорида

Синтез проводят путем растворения меди (II) оксида порошкообразной в соляной кислоте до полного растворения. Далее восстановление меди (II) хлорида до меди (I) хлорида проводят медным порошком по специальной методике расчетов загрузки и нагревают суспензии до температуры 95–105 °С при перемешивании в течение 6 часов.

Отжим и промывка осадка меди (I) хлорида

Отжим суспензии меди (I) хлорида и промывку осадка проводят с помощью вакуума до достижения контрольных показателей по массовой доле примесей. Отжатый осадок после отмывки слабым раствором соляной кислоты промывают уксусной кислотой для предотвращения окисления.

Упаривание маточного раствора и солянокислых промвод

Упаривание проводят при температуре 90–100 °С при перемешивании, поддерживая объем упариваемого раствора 1–15 м^3 до достижения плотности 1170–1260 кг/м^3 при t = 85–90 °С.

Сушка меди (I) хлорида

Промытый и отжатый осадок меди (I) хлорида сушат в сушильном шкафу при температуре 100±10 °С в течение ~ 6 часов до отсутствия запаха уксусной кислоты.

Измельчение, активирование и просев меди (I) хлорида

Стадию измельчения и активирования проводят в двухроторном смесителе, в качестве активирующих добавок используют медь (I) сульфид и олово (II) хлорид 2-водное. Усредненный продукт направляют на вибропросев, затем — в бисерную мельницу.

Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка

Готовый продукт — медь (I) хлористую активированную — фасуют, контролируют ОТК, анализируют и упаковывают.

Обработка медьсодержащих сточных вод

Сточные воды от мытья полов, оборудования и т. д проводят на локальной установке по обработке медьсодержащих сточных вод.

Таблица 7.64 — Описание технологического процесса производства меди (I) хлорида

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные, и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Порошок медный, соляная кислота, медь (II) оксид порошкообразный, упаренные маточный р-р и промводы	Синтез меди (I) хлорида	Суспензия меди (I) хлорида	Гидрохлорид	Емкостное оборудование	
Суспензия меди (I) хлорида, уксусная кислота, вода обессоленная	Отжим и промывка осадка меди (I) хлорида	Влажный осадок меди (I) хлорида, маточный р-р, промводы	Уксусная кислота	Емкостное оборудование, нутч-фильтр, вакуум-ловушка, вакуум-насос	
Маточный р-р, промводы	Упаривание маточного раствора и солянокислых промвод	Раствор меди хлористой	Гидрохлорид	Емкостное оборудование	
Влажный осадок меди (I) хлорида	Сушка меди (I) хлорида	Сухой осадок меди (I) хлорида	Пыль меди хлористой, уксусная кислота	Сушильный шкаф	
Сухой осадок меди (I) хлорида, медь (I) сульфид, олово (II) хлорид 2-водное	Измельчение, активирование и просев меди (I) хлорида	Медь (I) хлорид активированная для аккумуляторной промышленности	Пыль меди хлористой	Двухроторный смеситель, вибросито, бисерная мельница	
Медь (I) хлорид активированная для аккумуляторной промышленности	Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка	Готовый продукт	Пыль меди хлористой	Фасовочная машина	
Медьсодержащие стоки	Обработка медьсодержащих сточных вод	Обработанные сточные воды	-	Емкостное оборудование, нутч-фильтр	

Таблица 7.65 — Оборудование производства меди (I) хлорида

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Мерник соляной кислоты	Производство меди (I) хлорида	Фторопласт V=0,4 м^3
Нутч-фильтр		Титан F=0,8 м^2
Сборник конденсата		Фторопласт V=2,0 м^3
Реактор		Сталь-эмаль, V=2,0 м^3
Сушилка паровая		Сборн.
Весы РП-150Ц-13Т		Сборн. Q=150 кг
Вакуум-насос ВВН-12Н		Сборн. Q=12 м^3/ч
Реактор синтеза		Фторопласт V=2,0 м^3
Сборник маточных растворов		Чугун, эмаль V=1,60 м^3
Вакуум-ловушка		Чугун, эмаль V=0,4 м^3
Сборник маточных растворов и промвод		Нерж. сталь, V=2,0 м^3
Сборник уксуснокисл. промвод		Чугун, эмаль V=0,4 м^3
Мерник уксусной кислоты		Чугун, эмаль V= 0,4 м^3
Смеситель ЗШ-400-01		Сборн. V= 0,4 м^3
Весы РП-600Ц-ВТ		Сборн. Q= 600 кг
Вибросито		Сборн.
Мельница		Сборн.
Циклон СДК-ЦН-33-06		Сталь, Д=0,6 м
Фильтр ФВГ-П-М037		Фторопласт, F=0,37 м^2
Гидрозатвор		Сталь-эмаль, V=0,63 м^3
Вентилятор (взрывозащ.) ВЦ14-46-3,15ВК1		Нерж. сталь, L=4500 м^3/ч
Теплообменник		Графит, F=3,2 м^2

7.7.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при производстве соединений меди

Нормы расхода сырья и энергоресурсов при производстве меди (II) азотнокислой 3-водной 45%-ного раствора приведены в таблице 7.66.

Таблица 7.66 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве меди (II) азотнокислой 3-водной 45%-ного раствора

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Медь и сплавы на медной основе. Лом и кусковые отходы	кг/т	–	273
Кислота азотная неконцентрированная	кг/т	–	1242
Бязь	м/т	–	0,300
Лавсановое полотно	м/т	–	0,800

Окончание таблицы 7.66

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Бумага фильтровальная	кг/т	–	1,900
Пар	Гкал/т	–	0,589
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	124,0
Вода обессоленная	$м^3$/т	–	0,6994

Нормы расхода сырья и энергоресурсов при производстве меди (I) оксида приведены в таблице 7.67.

Таблица 7.67 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве меди (I) оксида

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Порошок медный электролитический	кг/т	–	924,7
Уголь активный древесный дробленый	кг/т	–	0,5
Кислота соляная синтетическая техническая	кг/т	–	28
Натр едкий технический	кг/т	–	6
Клей КМЦ	кг/т	–	0,2
Проволока медная d=2 мм	кг/т	–	0,5
Пар	Гкал/т	–	0,2075
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	3295
Вода техническая	$м^3$/т	–	1

Нормы расхода сырья и энергоресурсов при производстве меди (II) оксида приведены в таблице 7.82.

Таблица 7.82 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве меди (II) оксида

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Медь (II) оксид порошкообразный			
Порошок медный электролитический	кг/т	–	828,5
Натр едкий техн.	кг/т	–	0,201
Уголь активный древесный дробленый	кг/т	–	0,0195
Проволока медная d=2 мм	кг/т	–	0,318
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	1661
Медь (II) оксид проволока			
Проволока медная круглая электротехническая	кг/т	–	888
Проволока медная d=2 мм	кг/т	–	1
Сетка латунная № 2,5	$м^2$/т	–	0,333

Окончание таблицы 7.82

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	22418
Медь (II) оксид гранулированная			
Порошок медный электролитический	кг	–	535,36
Медь (II) оксид порошкообразный	кг	–	470,27
Проволока медная d=2 мм	кг	–	0,3636
Сетка гладкая № 2,8/5,0	$м^2$	–	0,1818
Электроэнергия	кВт·ч	–	8321
Вода обессоленная	$м^3$	–	0,136

Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве меди (II) азотнокислой 3-водной 45%-ного раствора, меди (I) оксида, меди (II) оксида приведены в таблице 7.83.

Таблица 7.83 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве меди (II) азотнокислой 3-водной 45%-ного раствора, меди (I) оксида, меди (II) оксида

Источники выбросов	Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на 1 т продукции, кг/т		
			Диапазон		Среднее значение
			минимальное значение	максимальное значение	
Выбросы организованные	Азота диоксид	–	–	1,63	–
	Азот оксид	–	–	0,0852	–
	Углерода оксид	–	–	1,53	–
	Медь оксид (в перерасчете на медь)	–	–	1,98	–

Нормы расхода сырья и энергоресурсов при производстве меди (I) хлорида приведены в таблице 7.84. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве меди (I) хлорида приведены в таблице 7.85.

Таблица 7.84 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве меди (I) хлорида

Наименование	Единицы измерения	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Порошок медный электролитический	кг/т	–	658
Кислота соляная синтетическая техническая	кг/т	–	1133
Кислота уксусная	кг/т	–	175
Натрия гидроокись ч. д. а.	кг/т	–	153,82
Уголь активный древесный дробленый	кг/т	–	6
Бязь	м/т	–	3
Полотно лавсановое	м/т	–	2,529
Медь (I) сульфид	кг/т	–	25,59
Олово (II) хлорид 2-водное	кг/т	–	11,66
Пар	Гкал/т	–	11,12
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	3140
Вода техническая	$м^3$/т	–	1,294
Вода обессоленная	$м^3$/т	–	0,235

Таблица 7.85 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве меди (I) хлорида

Источники выбросов	Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на 1 т продукции, кг/т		
			Диапазон		Среднее значение
			минимальное значение	максимальное значение	
Выбросы организованные	Медь хлорид (в пересчете на медь)	–	–	0,0545	–
	Кислота уксусная	–	–	0,841	–
	Хлористый водород (100% HCl)	–	–	0,0364	–

Сброса сточных вод во внешнюю среду производство соединений меди не имеет. Очищенные на локальных установках сточные воды передаются на станцию нейтрализации стороннего предприятия.

Отходы, образующиеся при производстве соединений меди, приведены в таблице 7.86.

Таблица 7.86 — Отходы, образующиеся при производстве меди (I) хлорида

Наименование	Класс опасности	Источник образования	Способ утилизации, обезвреживания, размещения	Масса образующихся отходов производства в расчете на 1 т продукции, кг/т		
				Диапазон		Среднее значение
				Минимальное значение	Максимальное значение	
Осадок физико-химической очистки смеси сточных вод производства меди, ливневых и дренажных сточных вод	–	–	–	–	1,29	–
Ткани фильтровальные из разнородных материалов в смеси, загрязненные нерастворимыми или малорастворимыми минеральными веществами*	–	–	Захоронение	–	0,00127	–
*Фильтрация раствора меди нитрата, меди хлорида						

7.8 Производство соединений никеля

Производство никеля азотнокислого 6-водного

Никель азотнокислый 6-водный (гексагидрат нитрата никеля, химическая формула $Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$) выпускается промышленностью в виде кристаллов изумрудно-зеленого цвета, слегка выветривающихся в сухом и быстро расплывающихся во влажном воздухе.

Никель азотнокислый 6-водный применяется для производства щелочных аккумуляторов, для получения никельсодержащих катализаторов, в производстве других соединений никеля, как компонент электролитов для нанесения покрытий никеля на металлы, шихты в производстве цветной керамики, а также в аналитической практике.

Производство 55%-ного раствора никеля (II) амидосульфата 4-водного

Никель (II) амидосульфат 4-водный 55%-ный раствор (химическая формула $Ni(NH_2SO_3)_2 \cdot 4H_2O$) выпускается промышленностью в виде прозрачной зелёной жидкости.

Никель (II) амидосульфат 4-водный в виде 55%-ного раствора применяется в гальванотехнике, гальванопластике для нанесения никелевых покрытий.

Производство никеля оксида

Никеля оксид (оксид никеля, химическая формула NiO) выпускается промышленностью в виде порошка от серовато-зеленого до черного цвета.

Оксид никеля применяется для получения никельсодержащих катализаторов и ферритов, других соединений никеля, как пигмент для стекла, глазурей и керамики.

Производство никеля углекислого основного водного

Никель углекислый основной водный (водный гидроксид карбонат никеля, химическая формула $NiCO_3 \cdot mNi(OH)_2 \cdot nH_2O$) выпускается промышленностью в виде порошка светло-зеленого цвета и представляет собой смесь непостоянных количеств углекислого никеля и гидрата закиси никеля.

Никель углекислый основной водный применяется в производстве никельсодержащих катализаторов, в качестве пигмента для стекла и керамики, для получения солей никеля, в электротехнике.

7.8.1 Описание технологических процессов, применяемых при производстве соединений никеля

7.8.1.1 Описание технологических процессов, применяемых при производстве никеля азотнокислого 6-водного

Процесс производства никеля азотнокислого 6-водного состоит из следующих основных стадий (см. таблицу 7.87):

– растворение никеля металлического в растворе азотной кислоты;

– обработка раствора никеля азотнокислого от примесей железа, меди и сульфатов;

– фильтрация обработанного раствора никеля азотнокислого;

– упаривание отфильтрованного раствора никеля азотнокислого;

– кристаллизация никеля азотнокислого 6-водного из упаренного раствора;

– центрифугирование кристаллов никеля азотнокислого 6-водного;

– обработка маточного раствора никеля азотнокислого от примеси аммония;

– фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка;

– обработка и утилизация никельсодержащих сточных вод;

– утилизация никеля из отработанной фильтровальной бумаги.

Принципиальная технологическая схема приведена на рисунке 7.20. Оборудование производства никеля азотнокислого 6-водного приведено в таблице 7.88.

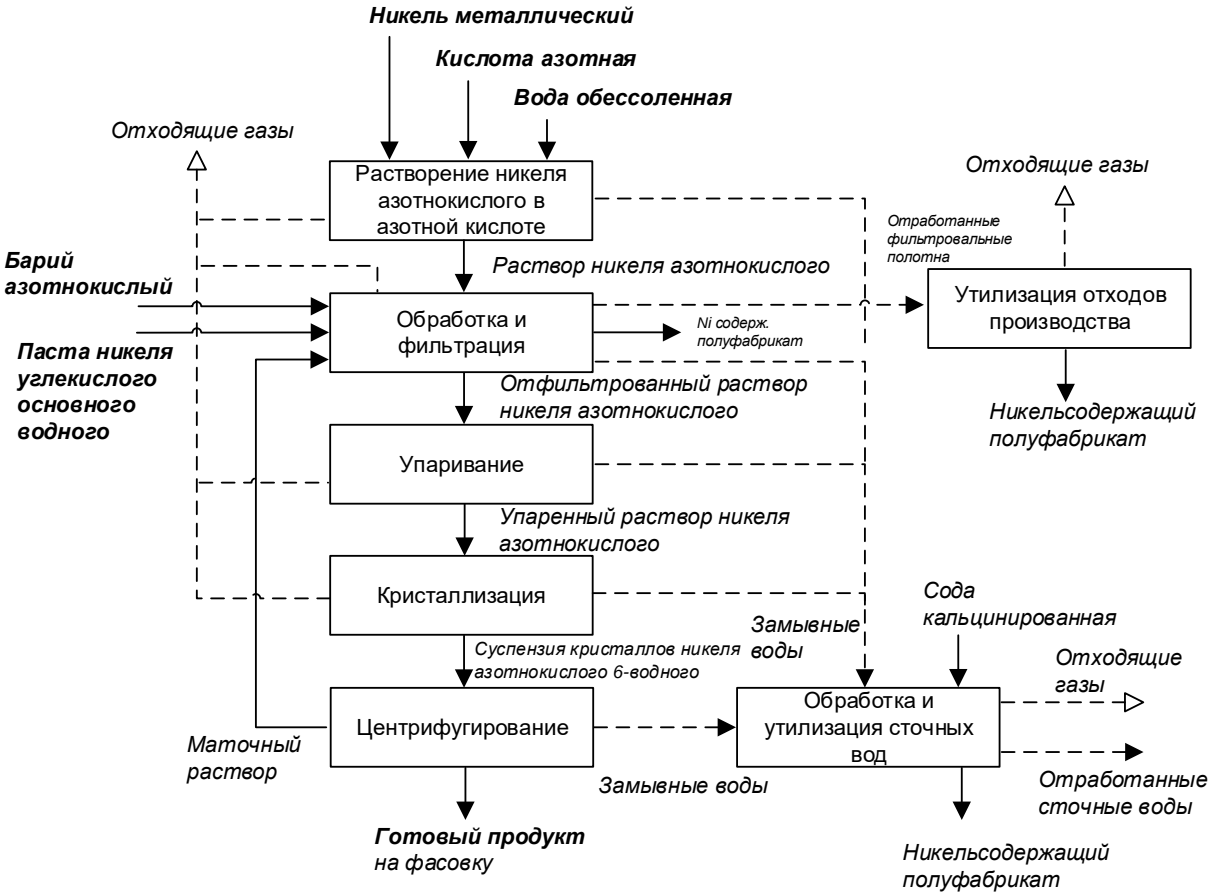


Рисунок 7.20 — Производство никеля азотнокислого 6-водного

Растворение никеля металлического в растворе азотной кислоты

Растворение никеля металлического проводят в растворе азотной кислоты при температуре 110÷115 °С при избыточном давлении до достижения плотности раствора 1400÷1500 кг/м^3 и величине pH = 2,5÷4.

Обработка раствора никеля азотнокислого от примесей железа, меди и сульфатов

Обработку раствора никеля азотнокислого от примесей железа и меди проводят при перемешивании кипячением раствора при температуре 110÷115 °С в течение 3-4 часов, если контрольные показатели не достигнуты, то обработку продолжают с помощью подачи в раствор пульпы никеля углекислого основного водного до достижения контрольных показателей. Обработку от сульфатов проводят с помощью бария азотнокислого.

Фильтрация обработанного раствора никеля азотнокислого

Обработанный раствор никеля азотнокислого фильтруют с помощью вакуума.

Упаривание отфильтрованного раствора никеля азотнокислого

Отфильтрованный раствор никеля азотнокислого упаривают при перемешивании и кипении до достижения плотности 1630÷1650 кг/м^3 при температуре 100±5 °С.

Кристаллизация никеля азотнокислого 6-водного из упаренного раствора

Кристаллизацию никеля азотнокислого 6-водного из упаренного раствора проводят под вакуумом при перемешивании до достижения температуры суспензии 20÷25 °С.

Центрифугирование кристаллов никеля азотнокислого 6-водного

Отделение кристаллов никеля азотнокислого 6-водного от маточного раствора проводят на автоматической горизонтальной фильтрующей центрифуге. Маточный раствор направляется на стадию очистки от примеси аммония.

Обработка маточного раствора никеля азотнокислого от примеси аммония

Маточный раствор никеля азотнокислого обрабатывают от примеси аммония с помощью раствора азотной кислоты при избыточном давлении и температуре 110÷115 °С до достижения контрольных показателей. Очищенный маточный раствор направляют на стадию очистки раствора никеля азотнокислого от примесей.

Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка

Кристаллы никеля азотнокислого 6-водного фасуют, упаковывают, анализируют, сдают на склад готовой продукции.

Обработка и утилизация никельсодержащих сточных вод

Никельсодержащие стоки обрабатывают содой кальцинированной от примесей никеля и аммиака до достижения требуемых норм, затем никельсодержащий полуфабрикат отмывают и отжимают. Взвешенный, промаркированный и проанализированный никельсодержащий полуфабрикат анализируют и отправляют на переработку.

Утилизация никеля из отработанной фильтровальной бумаги

Утилизацию никеля из отработанной фильтровальной бумаги проводят в электропечи при температуре 250±50 °С в течение 3-4 часов. Полученный никельсодержащий полуфабрикат взвешивают, маркируют, анализируют и отправляют на переработку.

Таблица 7.87 — Описание технологического процесса производства никеля азотнокислого 6-водного

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
Никель металлический, вода обессоленная, азотная кислота	Растворение никеля металлического в растворе азотной кислоты	Раствор никеля азотнокислого	Оксиды азота	Емкостное оборудование	
Раствор никеля азотнокислого, обработанный маточный раствор, паста никеля углекислого основного водного, барий азотнокислый	Обработка раствора никеля азотнокислого от примесей железа, меди и сульфатов	Обработанный раствор никеля азотнокислого	Пыль солей никеля	Емкостное оборудование	

Окончание таблицы 7.87

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
Обработанный раствор никеля азотнокислого	Фильтрация обработанного раствора никеля азотнокислого	Отфильтрованный раствор никеля азотнокислого, никельсодержащий полуфабрикат, фильтровальные полотна	–	Нутч-фильтр, вакуум-насос	
Отфильтрованный раствор никеля азотнокислого	Упаривание отфильтрованного раствора никеля азотнокислого	Упаренный раствор никеля азотнокислого	Оксиды азота	Емкостное оборудование	
Упаренный раствор никеля азотнокислого	Кристаллизация никеля азотнокислого 6-водного из упаренного раствора	Суспензия кристаллов никеля азотнокислого 6-водного	–	Емкостное оборудование	
Суспензия кристаллов никеля азотнокислого 6-водного	Центрифугирование кристаллов никеля азотнокислого 6-водного	Кристаллы никеля азотнокислого 6-водного, маточный раствор	Пыль солей никеля	Центрифуга	
Маточный раствор, азотная кислота	Обработка маточного раствора никеля азотнокислого от примеси аммония	Обработанный маточный раствор	–	Емкостное оборудование	
Кристаллы никеля азотнокислого 6-водного	Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка	Готовый продукт	Пыль солей никеля	Фасовочная машина	
Никельсодержащие стоки, сода кальцинированная	Обработка и утилизация никельсодержащих сточных вод	Никельсодержащий полуфабрикат, очищенные сточные воды	–	Емкостное оборудование, нутч-фильтр	
Отработанная фильтровальная бумага	Утилизация никеля из отработанной фильтровальной бумаги	Никельсодержащий полуфабрикат	–	Электропечь	

Таблица 7.88 — Основное технологическое оборудование производства никеля азотнокислого 6-водного

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Мерник азотной кислоты	Производство никеля азотнокислого 6-водного	Нерж. сталь, V=1,25 м^3
Мерник конденсата упарки		Нерж. сталь, V=2 м^3
Реактор		Нерж. сталь, V=2 м^3
Реактор-травочник		Нерж. сталь, V=3,2 м^3
Реактор обработки		Нерж. сталь, V=2 м^3
Нутч-фильтр		Нерж. сталь, F=0,6 м^3
Теплообменник		Сборн., F=4,6 м^3
Вакуум-насос ВВН-12		Сборн., Q=12 м^3/мин
Замывная емкость		Нерж. сталь, V=0,4 м^3
Сборник стоков		Нерж. сталь, V=1,0 м^3
Сборник фильтрата		Нерж. сталь, V=2,0 м^3
Гидрозатвор		Нерж. сталь, V=1,0 м^3, H=2,5 м
Реактор-упарочник		Нерж. сталь, V=2,0 м^3
Сборник конденсата		Нерж. сталь, V=3,2 м^3
Реактор-кристаллизатор		Нерж. сталь, V=2,0 м^3
Ловушка		Нерж. сталь, V=0,63 м^3
Центрифуга ФГН-633К-1		Нерж. сталь. P=40 кг
Сборник маточного раствора		Нерж. сталь, V=2,0 м^3
Вакуум-ловушка		Нерж. сталь, V=0,4 м^3
Сборник стоков		Нерж. сталь, V=6,0 м^3
Теплообменник		Нерж. сталь, F=1,5 м^3
Короб маточного раствора		Винипласт, V=0,4 м
Короб кристаллов		V=0,4 м^3
Мерник соды		Нерж. сталь, V=0,25 м^3
Холодильник обратный		Нерж. сталь, F=1,5 м^3

7.8.1.2 Описание технологических процессов, применяемых при производстве 55%-ного раствора никеля (II) амидосульфата 4-водного

Процесс производства 55%-ного раствора никеля амидосульфата 4-водного состоит из следующих основных стадий (см. таблицу 7.89):

– растворение никеля углекислого основного водного в сульфаминовой кислоте;

– фильтрация раствора никеля амидосульфата 4-водного;

– упаривание раствора никеля амидосульфата -водного;

– фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка;

– сбор, обработка и утилизация никельсодержащих сточных вод и утилизация отработанной фильтровальной бумаги.

Принципиальная технологическая схема приведена на рисунке 7.21.

Основное технологическое оборудование производства 55%-ного раствора никеля амидосульфата 4-водного приведено в таблице 7.90.

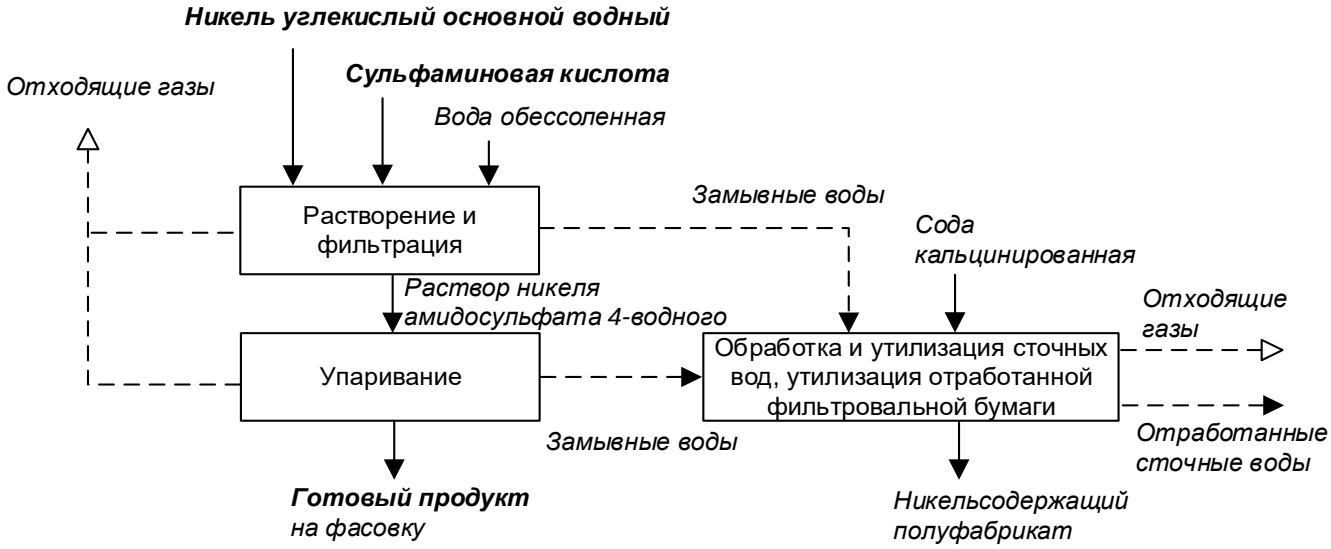


Рисунок 7.21 — Производство 55%-ного раствора никеля амидосульфата 4-водного

Растворение никеля углекислого основного водного в сульфаминовой кислоте

Растворение никеля углекислого основного водного в виде пасты в сульфаминовой кислоте проводят при температуре 55±5 °С и давлении пара не более 0,6 кгс/см^2 до достижения показателя pH = 2,5÷4,0 и плотности раствора 1440÷1450 кг/м^3 при температуре 20–25 °С.

Фильтрация раствора никеля амидосульфата 4-водного

Раствор никеля амидосульфата 4-водного фильтруют на нутч-фильтре под вакуумом.

Упаривание раствора никеля амидосульфата 4-водного

Отфильтрованный раствор упаривают до достижения требуемых норм — массовая доля никеля амидосульфата 4-водного должна составлять не менее 55%.

Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка

Готовый продукт — 55%-ный раствор никеля амидосульфата 4-водного — фасуют, упаковывают, анализируют, сдают на склад готовой продукции.

Сбор, обработка и утилизация никельсодержащих сточных вод и утилизация отработанной фильтровальной бумаги

Сбор, обработку, утилизацию сточных вод и утилизацию отработанной фильтровальной бумаги проводят на локальной установке по обработке никельсодержащих сточных вод.

Таблица 7.89 — Описание технологического процесса производства 55%-ного раствора никеля амидосульфата 4-водного

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Никель углекислый основной водный в виде пасты, сульфаминовая кислота, обессоленная вода	Растворение никеля углекислого основного водного в сульфаминовой кислоте	Раствор никеля амидосульфата 4-водного	Сульфаминовая кслота	Емкостное оборудование	
Раствор никеля амидосульфата 4-водного	Фильтрация раствора никеля амидосульфата 4-водного	Отфильтрованный раствор никеля амидосульфата 4-водного	–	Емкостное оборудование, нутч-фильтр, вакуум-ловушка, вакуум-насос	
Отфильтрованныйраствор никеля амидосульфата 4-водного	Упаривание никеля амидосульфата 4-водного	Упаренный раствор никеля амидосульфата 4-водного	–	Емкостное оборудование	
Упаренный раствор никеля амидосульфата 4-водного	Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка	Готовый продукт	–		
Никель-содержащие сточные воды	Сбор, обработка и утилизация никельсодержащих сточных вод и утилизация отработанной фильтровальной бумаги	Никельсодержащий полуфабрикат, отработанные сточные воды	–	Емкостное оборудование, нутч-фильтр	

Таблица 7.90 — Основное технологическое оборудование производства 55%-ного раствора никеля амидосульфата 4-водного

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Реактор растворения	Производство 55%-ного раствора никеля амидосульфата 4-водного	Нерж. сталь V=1,0 м^3
Нутч-фильтр		Нерж. сталь F=0,8 м^2
Сборник фильтрата		Нерж. сталь V=1,0 м^3
Кристаллизатор-упарочник		Нерж. сталь V=1,0 м^3
Теплообменник		Нерж. сталь F=0,8 м^2
Сборник конденсата		Нерж. сталь V=1,0 м^3
Вакуум-ловушка		Нерж. сталь V=0,25 м^3
Замывная емкость		Нерж. сталь F=0,8 м^2

7.8.1.3 Описание технологических процессов, применяемых при производстве никеля оксида

Процесс производства никеля оксида состоит из следующих основных стадий (см. таблицу 7.91):

– термическое разложение высушенного никеля углекислого основного водного;

– фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка;

– обработка и утилизация никельсодержащих сточных вод.

Принципиальная технологическая схема приведена на рисунке 7.22. Основное технологическое оборудование производства никеля оксида приведено в таблице 7.92.

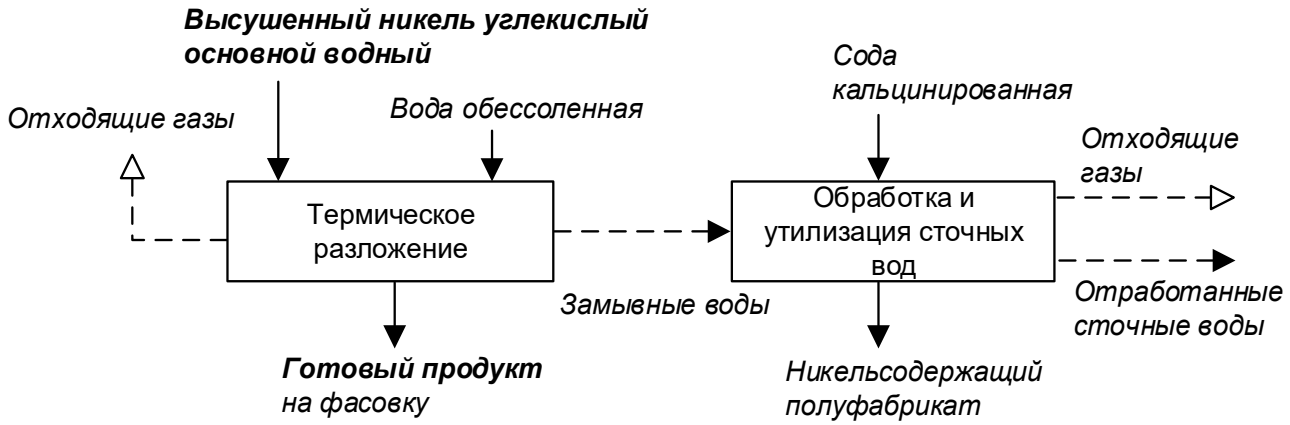


Рисунок 7.22 — Производство никеля оксида

Термическое разложение высушенного никеля углекислого основного водного

Термическое разложение высушенного никеля углекислого основного водного проводят в электропечи при температуре 800±20 °С до достижения требуемых норм.

Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка

Готовый продукт, оксид никеля, фасуют, контролируют ОТК, анализируют и упаковывают.

Обработка и утилизация никельсодержащих сточных вод

Никельсодержащие стоки обрабатывают содой кальцинированной от примесей никеля и аммонийного азота до достижения требуемых норм, затем никельсодержащий полуфабрикат отмывают и отжимают. Взвешенный, промаркированный и проанализированный никельсодержащий полуфабрикат анализируют и отправляют на переработку. Фильтровальную бумагу сжигают в прокалочной печи при температуре 250÷300 °С. Полученный никельсодержащий полуфабрикат используется в качестве сырья для производства никеля оксида.

Таблица 7.91 — Описание технологического процесса производства никеля оксида

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Высушенный никель углекислый основной водный и обессоленная вода	Термическое разложение высушенного никеля углекислого основного водного	Оксид никеля	Пыль солей никеля	Печь	
Оксид никеля	Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка	Готовый продукт	Пыль оксида никеля	Фасовочная машина	
Никельсодержащие сточные воды	Сбор, обработка и утилизация никельсодержащих сточных вод	Никельсодержащий полуфабрикат, отработанные сточные воды	–	Емкостное оборудование, нутч-фильтр	

Таблица 7.92 — Основное технологическое оборудование производства никеля оксида

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Печь СБЗ-2.2-25/19-М0,2	Производство никеля оксида	Сборн. Q=16 кг/ч
Циклон ЦН-15		Сборн.
Фильтр рукавный		Сборн., F=15 м^2
Фильтр «Лайк»		Сборн., F=16 м^2
Вентилятор Ц10-28 № 3.2		Сборн.
Кабина вытяжная		V = 0,63 м^3, чугун-эмаль

7.8.1.4 Описание технологических процессов, применяемых при производстве никеля углекислого основного водного

Процесс производства сернокислого кадмия состоит из следующих основных стадий (см. таблицу 7.93):

– прием никеля азотнокислого;

– приготовление раствора кальцинированной соды и его фильтрация;

– осаждение никеля углекислого основного водного;

– отжим и промывка никеля углекислого основного водного;

– сушка отмытого никеля углекислого основного водного;

– фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка;

– обработка и утилизация никельсодержащих сточных вод и утилизация отработанной фильтровальной бумаги.

Принципиальная технологическая схема приведена на рисунке 7.23. Основное технологическое оборудование производства никеля углекислого основного водного приведено в таблице 7.94.

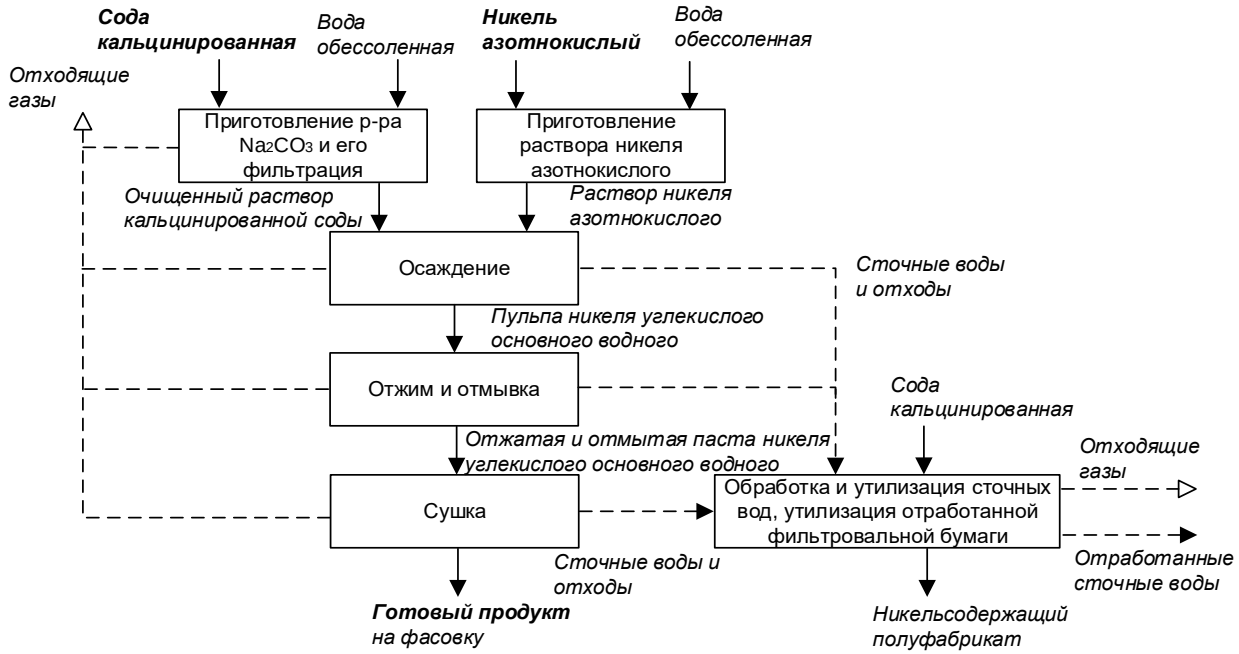


Рисунок 7.23 — Производство никеля углекислого основного водного

Приготовление раствора никеля азотнокислого

Никель азотнокислый пневмотранспортом подают в приемный сборник для приготовления раствора, затем приготовленный раствор с помощью центробежного насоса подают на смешение с раствором кальцинированной соды.

Приготовление раствора кальцинированной соды и его фильтрация

Кальцинированную соду растворяют в обессоленной воде до полного растворения и достижения требуемых норм по плотности и массовых концентраций примесей железа и тяжелых металлов, затем раствор фильтруют.

Осаждение никеля углекислого основного водного

Никель углекислый основной водный получают при взаимодействии параллельно подаваемых растворов никеля азотнокислого и соды кальцинированной при температуре 95±3 °С до достижения pH=8,4÷8,7, затем отбирают пробу пульпы никеля углекислого основного и проверяют полноту осаждения с помощью фенолфталеина.

Отжим и промывка никеля углекислого основного водного

Отжим и отмывку никеля углекислого проводят на нутч-фильтре с помощью вакуум-насоса до достижения требуемых норм.

Сушка отмытого никеля углекислого основного водного

Сушку пасты никеля углекислого проводят на установке кипящего слоя при температуре 110±20 С до достижения требуемых норм.

Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка

Готовый продукт — пасту никеля углекислого основного водного — фасуют, контролируют ОТК, анализируют и упаковывают.

Обработка и утилизация никельсодержащих сточных вод и утилизация отработанной фильтровальной бумаги

Никельсодержащие стоки обрабатывают содой кальцинированной от примесей никеля и аммонийного азота до достижения требуемых норм, затем никельсодержащий полуфабрикат отмывают и отжимают. Взвешенный, промаркированный и проанализированный никельсодержащий полуфабрикат анализируют и отправляют на переработку. Фильтровальную бумагу сжигают в прокалочной печи при температуре 250–300 °С. Полученный никельсодержащий полуфабрикат используется в качестве сырья для производства никеля оксида.

Таблица 7.93 — Описание технологического процесса производства никеля углекислого основного водного

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Никель азотнокислый, вода обессоленная	Приготовление раствора никеля азотнокислого	Раствор никеля азотнокислого	–	Емкостное оборудование	
Кальцинированная сода, вода обессоленная	Приготовление раствора кальцинированной соды и его фильтрация	Очищенный раствор кальцинированной соды	Пыль карбоната натрия	Емкостное оборудование, нутч-фильтр, вакуум-ловушка, вакуум-насос	
Раствор никеля азотнокислого, кальцинированная сода	Осаждение никеля углекислого основного водного	Пульпа никеля углекислого основного водного	Пыль карбоната натрия, пыль солей никеля	Емкостное оборудование	

Окончание таблицы 7.93

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Пульпа никеля углекислого основного водного	Отжим и промывка никеля углекислого основного водного	Отжатая и отмытая паста никеля углекислого основного водного	–	Нутч-фильтр	
Отжатая и отмытая паста никеля углекислого основного водного	Сушка отмытого никеля углекислого основного водного	Паста никеля углекислого основного водного	Пыль солей никеля	Сушилка	
Паста никеля углекислого основного водного	Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка	Готовый продукт	Пыль солей никеля		
Никельсодержащие стоки, сода кальцинированная	Обработка и утилизация никельсодержащих сточных вод и утилизация отработанной фильтровальной бумаги	Никельсодержащий полуфабрикат, очищенные сточные воды	–	Емкостное оборудование, нутч-фильтр	

Таблица 7.94 — Основное технологическое оборудование производства никеля углекислого основного водного

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Мерник раствора никеля азотнокислого	Производство никеля углекислого основного водного	Нерж. сталь, V=0,45 м^3
Мерник раствора кальцинированной соды		Нерж. сталь, V=0,45 м^3
Реактор синтеза		Нерж. сталь, V=2,0 м^3
Сборник раствора никеля азотнокислого		Сталь, эмаль V=2,0 м^3
Реактор приготовления соды		Нерж. сталь, V=2,0 м^3
Нагреватель воды		Нерж. сталь, V=3,0 м^3
Нутч-фильтр		Нерж. сталь, F=0,40 м^3
Нутч-фильтр		Нерж. сталь, F=2,0 м^3
Сборник фильтрата соды		Нерж. сталь, V=3,0 м^3
Насос центробежный		Сборн., Q=2,0 м^3/ч

Окончание таблицы 7.94

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Сборник маточников и промвод		Нерж. сталь, V=5,0 м^3
Вакуум-ловушка		Сталь, эмаль V=0,63 м^3
Замывная емкость		Нерж. сталь, F=0,4 м^2
Сушилка кипящего слоя		Нерж. сталь Q=40 кг/ч
Электрокалорифер		Сборн. N=30 кВт
Бункер циклона		Нестанд.
Циклон СК-ЦН-34		Нерж. сталь Ф350
Фильтр рукавный		Сборн., F=40 м^2
Теплообменник		Нерж. сталь, F=1,5 м^2
Вентилятор ВВД № 9		Сборн., Q=1370 м^3/ч
Фильтр «Лайк»		Сборн., F=76 м^2
Теплообменник		Нерж. сталь, F=4,6 м^2
Фасовочная кабина		Ст.3 2000Х900Х1800
Вакуум-насос ВВН-12		Сборн., Q=12 м^3/мин

7.8.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при производстве соединений никеля

Нормы расхода сырья и энергоресурсов при производстве никеля азотнокислого 6-водного приведены в таблице 7.95. Характеристика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при производстве никеля азотнокислого 6-водного приведена в таблице 7.96.

Таблица 7.95 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве никеля азотнокислого 6-водного

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Никель металлический	кг/т	–	205,1
Кислота азотная неконцентрированная, в. с.	кг/т	–	919,42
Сода кальцинированная техническая	кг/т	–	27,04
Бязь	м/т	–	0,3139
Фильтродиагональ	м/т	–	0,04484
Нетканое полотно	м/т	–	0,2242
Бумага фильтровальная	кг/т	–	0,628
Пар	Гкал/т	–	8,296
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	400
Вода обессоленная	м^3/т	–	0,4036

Таблица 7.96 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве никеля азотнокислого 6-водного

Источники выбросов	Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на 1 т продукции, кг/т		
			Диапазон		Среднее значение
			минимальное значение	максимальное значение	
Выбросы организованные	Никель растворимые соли (в пересчете на никель)	–	–	0,539	–
	Азота диоксид	–	–	0,385	–
	Азота оксид	–	–	0,0625	–
	Аммиак	–	–	27,71	–

Нормы расхода сырья и энергоресурсов при производстве 55%-ного раствора никеля (II) амидосульфата 4-водного приведены в таблице 7.97. Характеристика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при производстве 55%-ного раствора никеля (II) амидосульфата 4-водного приведена в таблице 7.98.

Таблица 7.97 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве 55%-ного раствора никеля (II) амидосульфата 4-водного

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Никель металлический	кг/т	–	187,6
Кислота азотная неконцентрированная, в. с.	кг/т	–	838,6
Сода кальцинированная техническая	кг/т	–	378,6
Кислота сульфаминовая	кг/т	–	638,6
Бязь	м/т	–	3
Фильтродиагональ	м/т	–	0,5714
Бумага фильтровальная	кг/т	–	2,714
Пар	Гкал/т	–	20
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	1578,6
Вода обессоленная	$м^3$/т	–	15,714

Таблица 7.98 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве 55%-ного раствора никеля (II) амидосульфата 4-водного

Источники выбросов	Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на 1 т продукции, кг/т		
			Диапазон		Среднее значение
			минимальное значение	максимальное значение	
Выбросы организованные	Никель растворимые соли (в перерасчете на никель)	–	–	0,326	–
	Аминосульфоновая кислота	–	–	21,09	–

Нормы расхода сырья и энергоресурсов при производстве никеля оксида приведены в таблице 7.99. Характеристика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при производстве никеля оксида приведена в таблице 7.100.

Таблица 7.99 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве никеля оксида

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Никель металлический	кг/т	–	831,1
Кислота азотная неконцентрированная	кг/т	–	3695,78
Бария гидроокись 8-водная	кг/т	–	7,778
Сода кальцинированная техническая	кг/т	–	1687,89
Бязь	м/т	–	2,667
Нетканое полотно	м/т	–	0,778
Фильтродиагональ	м/т	–	2,667
Бумага фильтровальная	кг/т	–	16,667
Пар	Гкал/т	–	104
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	12444,4
Вода обессоленная	$м^3$/т	–	61,1
Паровой конденсат	$м^3$/т	–	1,1

Таблица 7.100 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве никеля оксида

Источники выбросов	Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на 1 т продукции, кг/т		
			Диапазон		Среднее значение
			минимальное значение	максимальное значение	
Выбросы организованные	Никель растворимые соли (в перерасчете на никель)	–	–	1,436	–

Нормы расхода сырья и энергоресурсов при производстве никеля углекислого основного водного приведены в таблице 7.101. Характеристика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при производстве никеля углекислого основного водного приведена в таблице 7.102.

Таблица 7.101 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве никеля углекислого основного водного

Вид сырья/энергоресурса	Ед. изм.	Расход	
		Мин.	Макс.
Никель металлический	кг/т	–	488
Кислота азотная неконцентрированная	кг/т	–	2180,5
Сода кальцинированная техническая	кг/т	–	990,5
Бязь	м/т	–	1,5
Фильтродиагональ	м/т	–	1,5
Нетканое полотно	м/т	–	0,5
Бумага фильтровальная	кг/т	–	5,5
Пар	Гкал/т	–	47
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	5599
Вода обессоленная	$м^3$/т	–	25

Таблица 7.102 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве никеля углекислого основного водного

Источники выбросов	Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на 1 т продукции, кг/т		
			Диапазон		Среднее значение
			минимальное значение	максимальное значение	
Выбросы организованные	Никель растворимые соли (в перерасчете на никель)	–	–	3,37	–
	Динатрий карбонат	–	–	0,645	–

Сброса сточных вод во внешнюю среду производство соединений никеля не имеет. Очищенные на локальных установках сточные воды передаются на станцию нейтрализации стороннего предприятия.

Отходы, образующиеся со стадий технологического процесса, возвращают в начало процесса. Отходы, образующиеся при производстве соединений никеля, приведены в таблице 7.103.

Таблица 7.103 — Отходы, образующиеся при производстве соединений никеля

Наименование	Класс опасности	Источник образования	Способ утилизации, обезвреживания, размещения	Масса образующихся отходов производства в расчете на 1 т продукции, кг/т		
				Диапазон		Среднее значение
				Минимальное значение	Максимальное значение	
Ткани фильтровальные из разнородных материалов в смеси, загрязненные нерастворимыми или малорастворимыми минеральными веществами	–	–	–	–	0,00435	–

7.9 Производство соединений серебра

Производство серебра азотнокислого

Азотнокислое серебро (нитрат серебра, химическая формула $AgNO_3$) выпускается промышленностью в виде бесцветных светочувствительных кристаллов в массе белого цвета.

Серебро азотнокислое применяется в производстве кинофотоматериалов, зеркал, в фармацевтике — в составе вяжущих бактерицидных препаратов, для получения других соединений, в лабораторной практике.

Производство серебра сернокислого

Серебро сернокислое (сульфат серебра, химическая формула Ag_2SO_4) выпускается промышленностью в виде светочувствительных ромбических кристаллов белого цвета.

Серебро сернокислое применяется в лабораторной практике.

Производство серебра уксуснокислого

Серебро уксуснокислое (ацетат серебра, химическая формула $AgCH_3COO$) выпускается промышленностью в виде белого кристаллического порошка, разлагающегося под действием света.

Серебро уксуснокислое применяется в гальванотехнике, в качестве антисептического средства, в лабораторной практике.

Производство серебра йодистого

Серебро йодистое (иодид серебра, химическая формула AgI) выпускается промышленностью в виде светло-желтого аморфного порошка, чувствительного к действию света.

Серебро йодистое применяется в производстве кинофотоматериалов, в гальванотехнике, метеорологии, как материал для электрохимических преобразователей.

7.9.1 Описание технологических процессов, применяемых при производстве соединений серебра

7.9.1.1 Описание технологических процессов, применяемых при производстве серебра азотнокислого

Процесс производства серебра азотнокислого состоит из следующих основных стадий (см. таблицу 7.104):

– растворение серебра металлического в растворе азотной кислоты;

– обработка раствора серебра азотнокислого от примесей железа и хлоридов, его фильтрация;

– упаривание раствора серебра азотнокислого;

– кристаллизация серебра азотнокислого;

– центрифугирование кристаллов серебра азотнокислого;

– сушка кристаллов серебра азотнокислого;

– фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка;

– утилизация отходов производства.

Принципиальная технологическая схема приведена на рисунке 7.24. Основное технологическое оборудование производства серебра азотнокислого приведено в таблице 7.105.

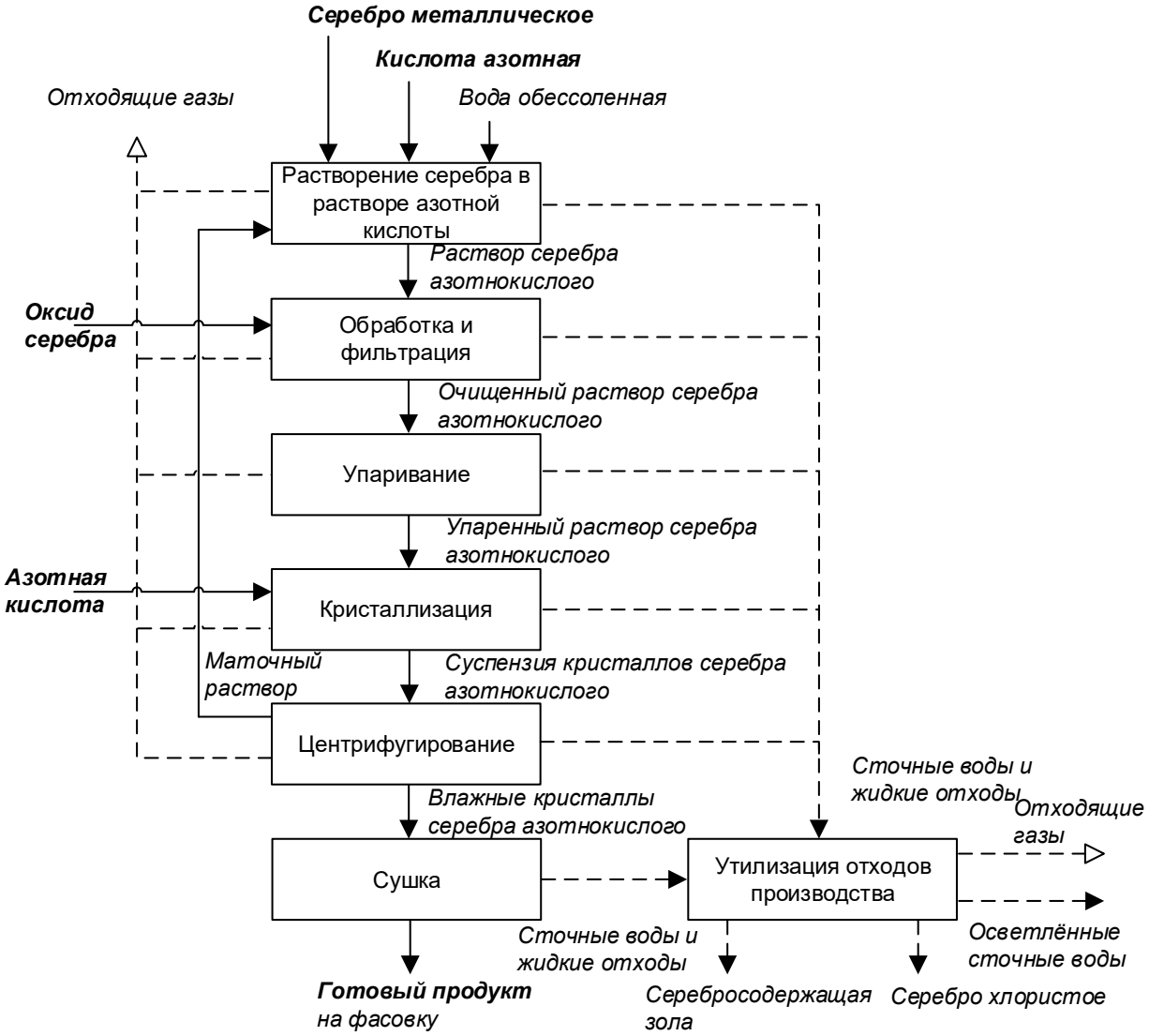


Рисунок 7.24 – Производство серебра азотнокислого

Растворение серебра металлического в растворе азотной кислоты

Растворение серебра в азотной кислоте проводят при температуре 100÷105 °С при избыточном давлении до достижения плотности раствора 1400 кг/м^3, которую замеряют при температуре 80÷90 °С.

Обработка раствора серебра азотнокислого от примесей железа и хлоридов, его фильтрация

Обработку раствора серебра азотнокислого от примеси железа проводят с помощью оксида серебра до контрольных показателей. Затем раствор фильтруют.

Обработку раствора серебра азотнокислого от примеси хлоридов проводят при разбавлении раствора обессоленной водой и кипячением до контрольных показателей. Затем раствор фильтруют.

Упаривание раствора серебра азотнокислого

Упаривание раствора серебра азотнокислого ведут до плотности 2000÷2200 кг/м^3 при температуре 60÷70 °С.

Кристаллизация серебра азотнокислого

Кристаллизация проводится азотной кислотой методом высаливания.

Центрифугирование кристаллов серебра азотнокислого

Отделение маточного раствора от кристалла проводится путем отжима на центрифуге.

Сушка кристаллов серебра азотнокислого

Сушка кристаллов в сушильном шкафу проводится в течение 4-5 часов при температуре 75÷80 °С.

Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка

Готовый продукт кадмия оксида фасуют, контролируют ОТК, анализируют и упаковывают.

Утилизация отходов производства

Утилизацию серебра из жидких отходов проводят методом осаждения до серебра хлорида, твердые отходы (отработанные фильтровальные полотна и бумага) сжигают до получения серебросодержащей золы.

Таблица 7.104 — Описание технологического процесса производства серебра азотнокислого

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Серебро металлическое, кислота азотная, вода обессоленная, маточный раствор серебра азотнокислого	Растворение серебра металлического в растворе азотной кислоты	Раствор серебра азотнокислого	Оксиды азота, азотная кислота	Емкостное оборудование	
Раствор серебра азотнокислого, оксид серебра	Обработка раствора серебра азотнокислого от примесей железа и хлоридов, его фильтрация	Очищенный раствор серебра азотнокислого	Оксиды азота, азотная кислота	Емкостное оборудование, нутч-фильтр	
Очищенный раствор серебра азотнокислого	Упаривание раствора серебра азотнокислого	Упаренный раствор серебра азотнокислого	Оксиды азота, азотная кислота	Емкостное оборудование	

Окончание таблицы 7.104

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Упаренный раствор серебра азотнокислого, азотная кислота	Кристаллизация серебра азотнокислого	Суспензия кристаллов серебра азотнокислого	Оксиды азота	Емкостное оборудование, теплообменники	
Суспензия кристаллов серебра азотнокислого	Центрифугирование кристаллов серебра азотнокислого	Влажные кристаллы серебра азотнокислого, маточный раствор	Оксиды азота,	Центрифуга	
Влажные кристаллы серебра азотнокислого	Сушка кристаллов серебра азотнокислого	Сухие кристаллы серебра азотнокислого	–	Полочная сушилка	
Сухие кристаллы серебра азотнокислого	Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка	Готовый продукт	–	Фасовочная машина	
Замывные воды, отработанные фильтровальные полотна	Утилизация отходов производства	Осветленные сточные воды, серебросодержащая зола, серебро хлористое	–	Емкостное оборудование, нутч-фильтр	

Таблица 7.105 — Основное технологическое оборудование производства серебра азотнокислого

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Вакуум-насос ВВН-3	Производство серебра азотнокислого	Нерж. сталь, N двиг.= 7,5 кВт
Ловушка		Вертикальный аппарат, снабжен мерным стеклом, нижним спуском и пробоотборником
Реактор		Вертикальный аппарат из нерж. стали со сферическим днищем, рубашкой, цельноприварной крышкой, люком для загрузки сырья. V=250 дм^3
Теплообменник		Нерж. сталь, F=0,25 м^2

Окончание таблицы 7.105

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Реактор		Вертикальный аппарат из нерж. стали со сферическим днищем, рубашкой, крышкой, люком, мешалкой, нижним спуском. V=250 дм^3
Гидрозатвор		Вертикальный нестандартный аппарат из нерж. стали
Нутч-фильтр		Нестандартное оборудование из винипласта с фильтрующей пластиной
Сборник		Вертикальный аппарат из нерж. стали
Нутч-фильтр		Фарфор, снабжен приемником V = 50 дм^3
Центрифуга		ТГ-400
Сушильный шкаф ШСВ-4,5		
Выпарная чаша		Нерж. сталь, снабжена рубашкой для обогрева паром и охлаждения водой, съемной крышкой и бортовым отсосом. V = 150 дм^3
Вентиляция		Энергопотребление 2813 кВт·ч/т продукции

7.9.1.2 Описание технологических процессов, применяемых при производстве серебра сернокислого

Процесс производства серебра сернокислого состоит из следующих основных стадий (см. таблицу 7.106):

– растворение серебра металлического в растворе азотной кислоты;

– обработка раствора серебра азотнокислого от примесей железа и хлоридов, его фильтрация;

– осаждение сульфата серебра;

– отжим и отмывка серебра сернокислого;

– сушка и измельчение серебра сернокислого;

– фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка;

– утилизация отходов производства.

Принципиальная технологическая схема приведена на рисунке 7.25. Основное технологическое оборудование производства серебра сернокислого приведено в таблице 107.

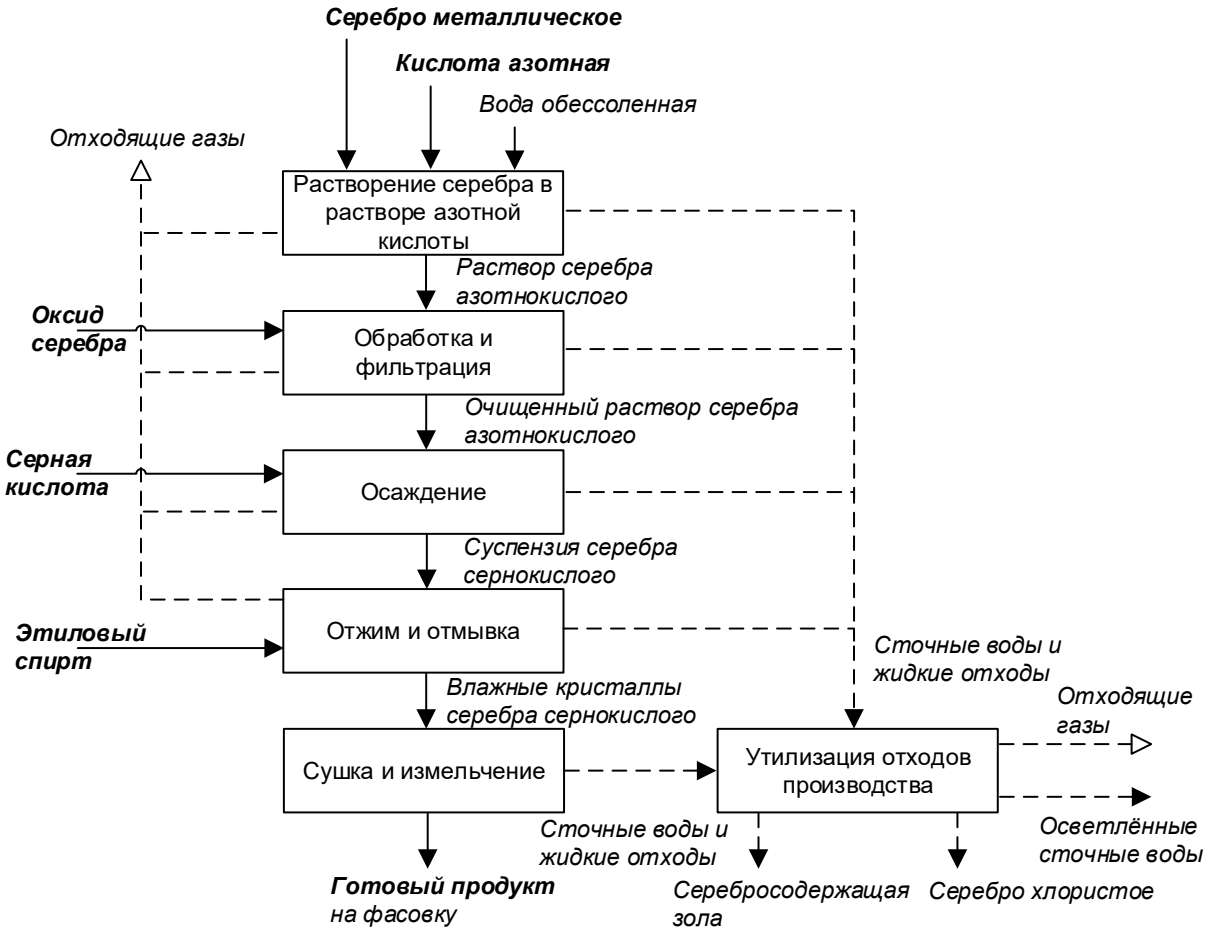


Рисунок 7.25 — Производство серебра сернокислого

Растворение серебра металлического в растворе азотной кислоты

Растворение серебра в азотной кислоте проводят при температуре 100÷105 °С при избыточном давлении до достижения плотности раствора 1400 кг/м^3, которую замеряют при температуре 80÷90 °С.

Обработка раствора серебра азотнокислого от примесей железа и хлоридов, его фильтрация

Обработку раствора серебра азотнокислого от примеси железа проводят с помощью оксида серебра до контрольных показателей. Затем раствор фильтруют.

Обработку раствора серебра азотнокислого от примеси хлоридов проводят при разбавлении раствора обессоленной водой и кипячением до контрольных показателей. Затем раствор фильтруют.

Осаждение серебра сернокислого

Осаждение серебра сернокислого проводят взаимодействием растворов серной кислоты и серебра азотнокислого при температуре не более 30 °С до полноты осаждения серебра.

Отжим и отмывка серебра сернокислого

Полученную пульпу серебра сернокислого отжимают на нутч-фильтре, затем отмывают до достижения контрольных показателей по массовой доле нитратов. Отмытые и хорошо отжатые кристаллы сернокислого серебра промывают этиловым спиртом. Маточные растворы направляют на локальную установку очистки стоков.

Сушка и измельчение серебра сернокислого

Сушку кристаллов серебра сернокислого проводят в полочной сушилке в течение 7-8 часов при температуре 70–80 °С.

Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка

Готовый продукт — кристаллы серебра сернокислого — фасуют, контролируют ОТК, анализируют и упаковывают.

Утилизация отходов производства

Утилизацию серебра из жидких отходов проводят методом осаждения до серебра хлорида, твердые отходы (отработанные фильтровальные полотна и бумага) сжигают до получения серебросодержащей золы.

Таблица 7.106 — Описание технологического процесса производства производства серебра сернокислого

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Серебро металлическое, кислота азотная, вода обессоленная	Растворение серебра металлического в растворе азотной кислоты	Раствор серебра азотнокислого	Оксиды азота, азотная кислота	Емкостное оборудование	
Раствор серебра азотнокислого, оксид серебра	Обработка раствора серебра азотнокислого от примесей железа и хлоридов, его фильтрация	Очищенный раствор серебра азотнокислого	Оксиды азота, азотная кислота	Емкостное оборудование, нутч-фильтр	
Очищенный раствор серебра азотнокислого, серная кислота	Осаждение сульфата серебра	Суспензия сульфата серебра	–	Емкостное оборудование	
Суспензия серебра сернокислого, спирт этиловый	Отжим и отмывка серебра сернокислого	Влажные кристаллы серебра сернокислого	–	Нутч-фильтр	

Окончание таблицы 7.106

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Влажные кристаллы серебра сернокислого	Сушка и измельчение серебра сернокислого	Сухие кристаллы серебра сернокислого	–	Полочная сушилка	
Сухие кристаллы серебра сернокислого	Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка	Готовый продукт	–	Фасовочная машина	
Замывные воды, отработанные фильтровальные полотна	Утилизация отходов производства	Осветленные сточные воды, серебросодержащая зола, серебро хлористое	–	Емкостное оборудование, нутч-фильтр	

Таблица 7.107 — Основное технологическое оборудование производства серебра сернокислого

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Реактор	Производство серебра сернокислого	Сталь-эмаль. Вертикальный аппарат со сферической крышкой и днищем, нижним спуском, сигнализатором максимального уровня
Чаша		Сталь-эмаль, V=0,25. Аппарат с рубашкой, нижним спуском, якорной мешалкой, $N_{дв.}$=0,75 кВт
Нутч-фильтр		фарфор, F=0,2 м^2
Ресивер		Сталь гуммиров. V=1 м^3
Сушильный шкаф		Сборный, нестандартный
Ловушка		Сталь-эмаль, V=0,063 м^3
Водокольцевой вакуум-насос ВВН-3		Нерж. сталь. N двиг.=7,5 кВт
Мельница		Фарфор, V=50 дм^3, N дв. — 1,1 кВт

7.9.1.3 Описание технологических процессов, применяемых при производстве серебра уксуснокислого

Процесс производства серебра уксуснокислого состоит из следующих основных стадий (см. таблицу 7.108):

– растворение серебра металлического в растворе азотной кислоты;

– обработка раствора серебра азотнокислого от примесей железа и хлоридов, его фильтрация;

– приготовление раствора ацетата натрия и его фильтрация;
– синтез серебра уксуснокислого;
– отжим и отмывка серебра уксуснокислого;
– сушка серебра уксуснокислого;
– фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка;
– утилизация отходов производства.

Принципиальная технологическая схема приведена на рисунке 7.26. Основное технологическое оборудование производства серебра уксуснокислого приведено в таблице 7.109.

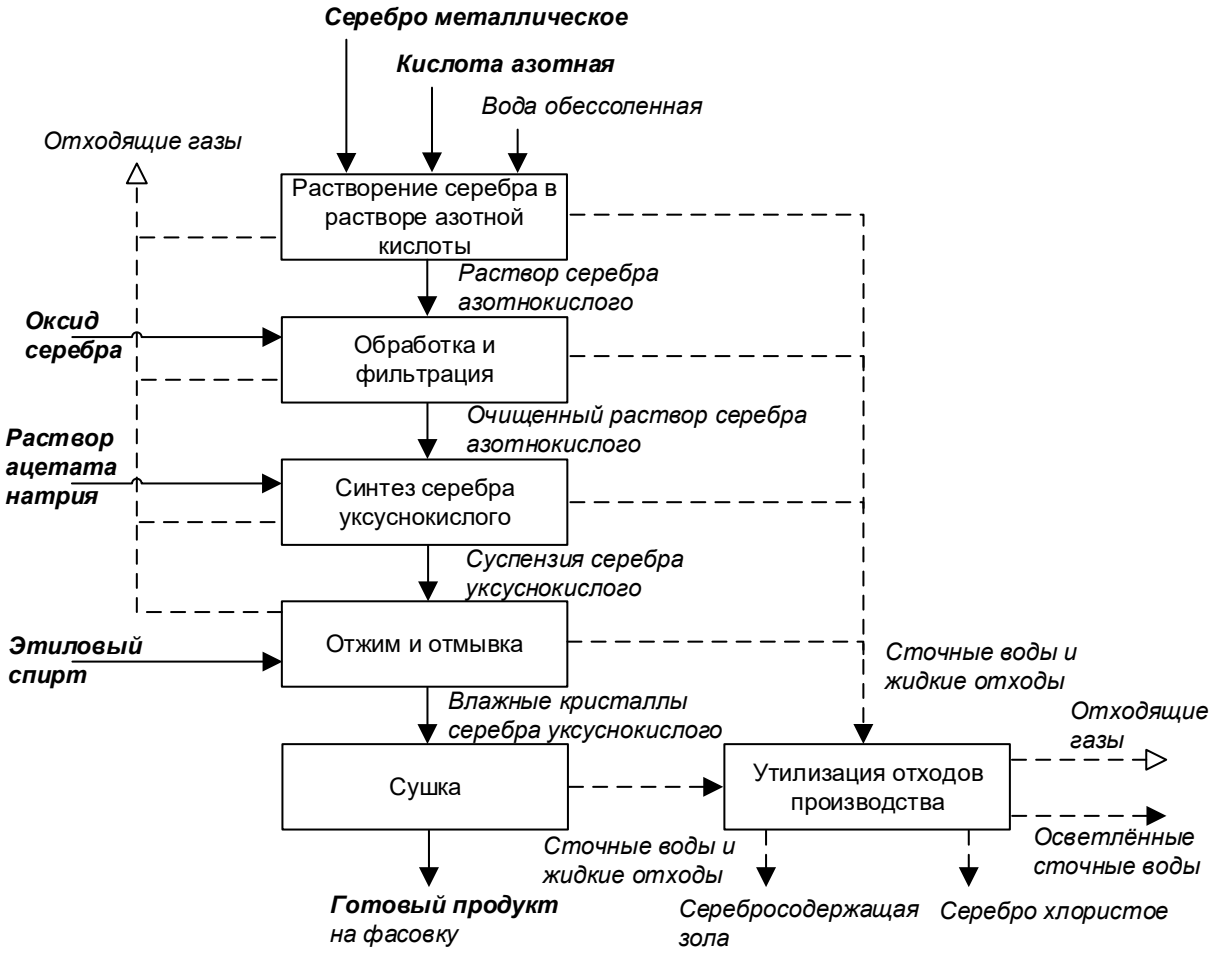


Рисунок 7.26 — Производство серебра уксуснокислого

Растворение серебра металлического в растворе азотной кислоты

Растворение серебра в азотной кислоте проводят при температуре 100÷105 °С при избыточном давлении до достижения плотности раствора 1400 кг/м^3, которую замеряют при температуре 80÷90 °С.

Обработка раствора серебра азотнокислого от примесей железа и хлоридов, его фильтрация

Обработку раствора серебра азотнокислого от примеси железа проводят с помощью оксида серебра до контрольных показателей. Затем раствор фильтруют.

Обработку раствора серебра азотнокислого от примеси хлоридов проводят при разбавлении раствора обессоленной водой и кипячением до контрольных показателей. Затем раствор фильтруют.

Приготовление раствора ацетата натрия и его фильтрация

Раствор ацетата натрия готовят путем растворения расчетного количества кристаллов натрия ацетата 3-водного в обессоленной воде до полного растворения, затем полученный раствор фильтруют.

Синтез серебра уксуснокислого

Синтез серебра уксуснокислого проводят при температуре не более 30 °С путем подачи раствора натрия ацетата в раствор серебра азотнокислого до полноты осаждения серебра.

Отжим и отмывка серебра уксуснокислого

Полученную пульпу серебра уксуснокислого отжимают на центрифуге, осадок отмывают до достижения контрольных показателей массовой доли нитратов. Отмытый и хорошо отжатый осадок в центрифуге промывают этиловым спиртом. Маточные растворы со стадии отжима направляют на локальную установку очистки стоков.

Сушка серебра уксуснокислого

Сушку кристаллов серебра ацетата проводят в полочной сушилке при температуре 70–80 °С.

Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка

Готовый продукт — кристаллы серебра уксуснокислого — фасуют, контролируют ОТК, анализируют и упаковывают.

Утилизация отходов производства

Утилизацию серебра из жидких отходов проводят методом осаждения до серебра хлорида, твердые отходы (отработанные фильтровальные полотна и бумага) сжигают до получения серебросодержащей золы.

Таблица 7.108 — Описание технологического процесса производства серебра уксуснокислого

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Серебро металлическое, кислота азотная, вода обессоленная	Растворение серебра металлического в растворе азотной кислоты	Раствор серебра азотнокислого	Оксиды азота, азотная кислота	Емкостное оборудование	
Раствор серебра азотнокислого, оксид серебра	Обработка раствора серебра азотнокислого от примесей железа и хлоридов, его фильтрация	Очищенный раствор серебра азотнокислого	Оксиды азота, азотная кислота	Емкостное оборудование, нутч-фильтр	
Натрия ацетат 3-водный, обессоленная вода	Приготовление раствора ацетата натрия и его фильтрация	Очищенный раствор ацетата натрия		Емкостное оборудование, нутч-фильтр	

Окончание таблицы 7.108

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Очищенный раствор серебра азотнокислого, очищенный раствор ацетата натрия	Синтез серебра уксуснокислого	Суспензия серебра уксуснокислого	–	Емкостное оборудование	
Суспензия серебра уксуснокислого, вода обессоленная, спирт этиловый	Отжим и отмывка серебра уксуснокислого	Влажные кристаллы серебра уксуснокислого	–	Центрифуга	
Влажные кристаллы серебра уксуснокислого	Сушка серебра уксуснокислого	Сухие кристаллы серебра уксуснокислого	–	Полочная сушилка	
Сухие кристаллы серебра уксуснокислого	Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка	Готовый продукт	–	Фасовочная машина	
Замывные воды, отработанные фильтровальные полотна	Утилизация отходов производства	Осветленные сточные воды, серебросодержащая зола, серебро хлористое	–	Емкостное оборудование, нутч-фильтр	

Таблица 7.109 — Основное технологическое оборудование производства серебра уксуснокислого

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Реактор	Производство серебра уксуснокислого	Сталь-эмаль. Вертикальный аппарат со сферической крышкой и днищем, нижним спуском, сигнализатором максимального уровня
Чаша		Сталь-эмаль, V=0,25. Аппарат с рубашкой, нижним спуском, якорной мешалкой, N дв.=0,75 кВт
Нутч-фильтр		Фарфор, F=0,2 м^2
Ресивер		Сталь. гуммиров. V=1 м^3
Сушильный шкаф		Сборный, нестандартный
Ловушка		Сталь-эмаль, V=0,063 м^3
Водокольцевой вакуум-насос ВВН-3		Нерж. сталь. N двиг.=7,5 кВт
Мельница		Фарфор, V=50 дм^3, N дв. — 1,1 кВт

7.9.1.4 Описание технологических процессов, применяемых при производстве серебра йодистого

Процесс производства серебра йодистого состоит из следующих основных стадий (см. таблицу 7.110):

– растворение серебра металлического в растворе азотной кислоты;

– обработка раствора серебра азотнокислого от примесей железа и хлоридов, его фильтрация;

– приготовление раствора калия йодистого и его фильтрация;

– синтез серебра йодистого;

– отжим и отмывка серебра йодистого;

– сушка серебра йодистого;

– фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка;

– утилизация отходов производства.

Принципиальная технологическая схема приведена на рисунке 7.27. Основное технологическое оборудование производства серебра йодистого приведено в таблице 7.111.

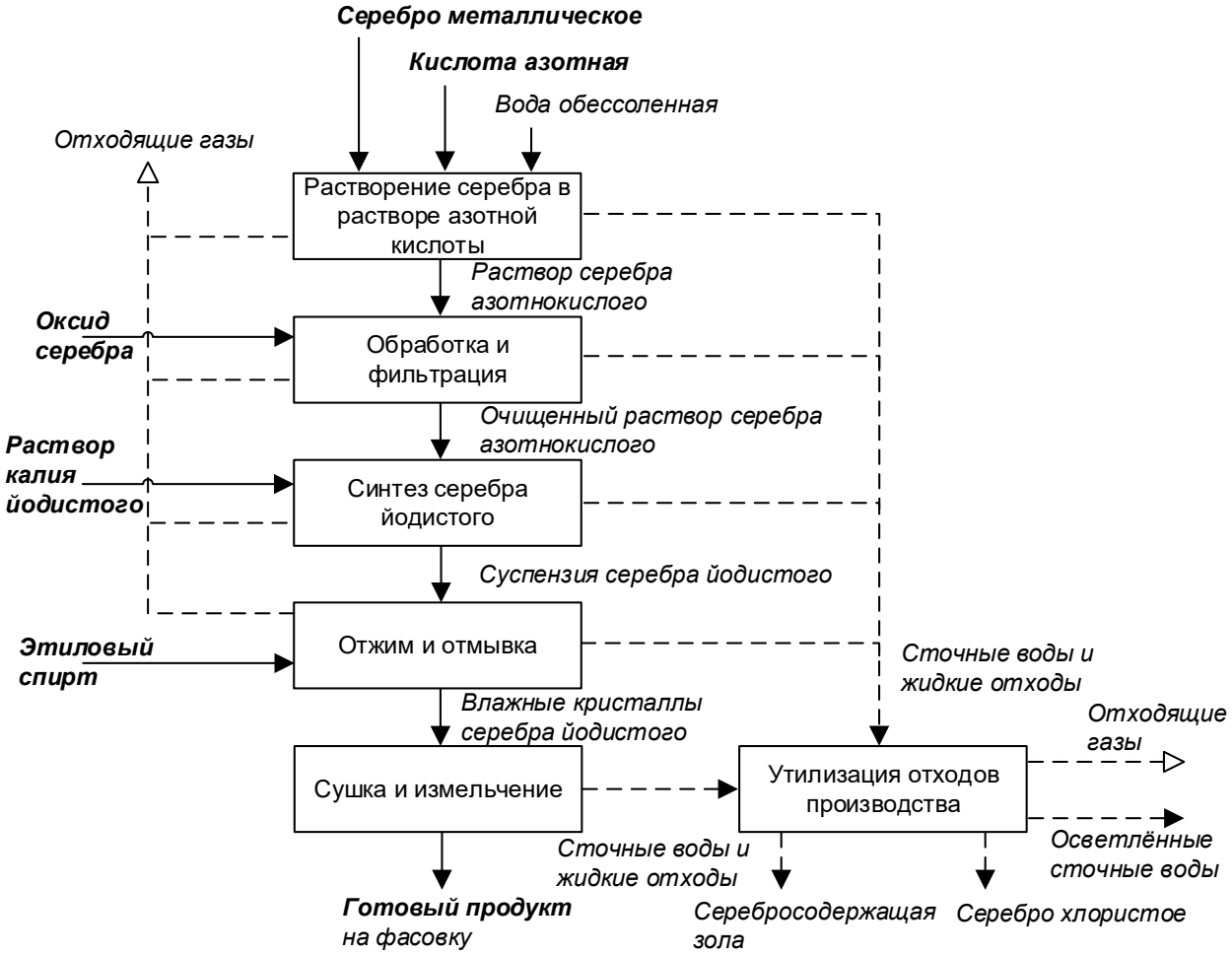


Рисунок 7.27 — Производство серебра йодистого

Растворение серебра металлического в растворе азотной кислоты

Растворение серебра в азотной кислоте проводят при температуре 100÷105 °С при избыточном давлении до достижения плотности раствора 1400 кг/м^3, которую замеряют при температуре 80÷90 °С.

Обработка раствора серебра азотнокислого от примесей железа и хлоридов, его фильтрация

Обработку раствора серебра азотнокислого от примеси железа проводят с помощью оксида серебра до контрольных показателей. Затем раствор фильтруют.

Обработку раствора серебра азотнокислого от примеси хлоридов проводят при разбавлении раствора обессоленной водой и кипячением до контрольных показателей. Затем раствор фильтруют.

Приготовление раствора калия йодистого и его фильтрация

Раствор калия йодистого с плотностью 1400 кг/м^3 при температуре 20 °С готовят путем растворения расчетного количества кристаллов калия йодистого в обессоленной воде, полученный раствор фильтруют.

Синтез серебра йодистого

Синтез серебра йодистого проводят взаимодействием растворов калия йодистого и серебра азотнокислого при температуре не более 30 °С до полноты осаждения серебра.

Отжим и отмывка серебра йодистого

Полученную пульпу серебра йодистого отжимают на нутч-фильтре, осадок отмывают до достижения контрольных показателей массовой доли нитратов. Отмытый и отжатый осадок промывают этиловым спиртом. Маточные растворы со стадии отжима направляют на локальную установку очистки стоков.

Сушка серебра йодистого

Сушку кристаллов серебра йодистого проводят в полочной сушилке при температуре 60–70 °С в течение 3-4 часов. Высушенный продукт измельчают вручную и просеивают через сито.

Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка

Готовый продукт — кристаллы серебра йодистого — фасуют, контролируют ОТК, анализируют и упаковывают.

Утилизация отходов производства

Утилизацию серебра из жидких отходов проводят методом осаждения до серебра хлорида, твердые отходы (отработанные фильтровальные полотна и бумага) сжигают до получения серебросодержащей золы.

Таблица 7.110 — Описание технологического процесса производства серебра йодистого

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Серебро металлическое, кислота азотная, вода обессоленная	Растворение серебра металлического в растворе азотной кислоты	Раствор серебра азотнокислого	Оксиды азота, азотная кислота	Емкостное оборудование	
Раствор серебра азотнокислого, оксид серебра	Обработка раствора серебра азотнокислого от примесей железа и хлоридов, его фильтрация	Очищенный раствор серебра азотнокислого	Оксиды азота, азотная кислота	Емкостное оборудование, нутч-фильтр	
Калий йодистый, обессоленная вода	Приготовление раствора калия йодистого и его фильтрация	Очищенный раствор калия йодистого	–	Емкостное оборудование, нутч-фильтр	
Очищенный раствор серебра азотнокислого, очищенный раствор калия йодистого	Синтез серебра йодистого	Суспензия серебра йодистого	–	Емкостное оборудование	
Суспензия серебра йодистого, вода обессоленная, спирт этиловый	Отжим и отмывка серебра йодистого	Влажные кристаллы серебра йодистого	–	Нутч-фильтр	
Влажные кристаллы серебра йодистого	Сушка серебра йодистого	Сухие кристаллы серебра йодистого	–	Полочная сушилка	
Сухие кристаллы серебра йодистого	Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка	Готовый продукт	–	Фасовочная машина	
Замывные воды, отработанные фильтровальные полотна	Утилизация отходов производства	Осветленные сточные воды, серебросодержащая зола, серебро хлористое	–	Емкостное оборудование, нутч-фильтр	

Таблица 7.111 — Основное технологическое оборудование производства серебра йодистого

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Мельница	Производство серебра йодистого	Фарфор, V=50 дм^3, N дв. — 1,1 кВт
Реактор		Нерж. стальной вертикальный аппарат со сферической крышкой и днищем, рубашкой, люком, нижним спуском V=0,25 м^3
Нутч-фильтр		Винипласт нестандартный
Ресивер		Сталь гуммиров. V=1 м^3
Сушильный шкаф		Сборный, нестандартный
Ловушка		Сталь-эмаль, V=0,063 м^3
Водокольцевой вакуум-насос		Нерж. сталь. N двиг.=7,5 кВт
Вентиляция(сушка серебра йодида)		Энергопотребление, кВт·ч/т 2042,9 продукции

7.9.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при производстве соединений серебра

Нормы расхода сырья и энергоресурсов при производстве серебра азотнокислого приведены в таблице 7.112.

Таблица 7.112 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве серебра азотнокислого

Наименование	Единицы измерения	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Серебро	кг/т	–	644,3
Кислота азотная, ч	кг/т	–	700,1
Кислота азотная неконцентрированная, в. с.	кг/т	–	237,97
Сода кальцинированная техническая	кг/т	–	13,11
Калий едкий бедный хлором	кг/т	–	1,351
Бязь	м/т	–	2,027
Ткань фильтровальная лавсановая	м/т	–	1,486
Бумага фильтровальная	кг/т	–	4,05
Вода обессоленная	м^3/т	–	2,70
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	3824,3
Пар	Гкал/т	–	19,19

Нормы расхода сырья и энергоресурсов при производстве серебра сернокислого приведены в таблице 7.113.

Таблица 7.113 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве серебра сернокислого

Наименование	Единицы измерения	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Серебро	кг	–	785,7
Кислота соляная синтетическая техническая	кг	–	128,57
Кислота азотная неконцентрированная, в. с.	кг	–	1085,7
Сода кальцинированная техническая	кг	–	928,57
Калий едкий бедный хлором	кг	–	2,14
Бязь	м	–	2,14
Ткань фильтровальная лавсановая	м	–	1,429
Бумага фильтровальная	кг	–	4,286
Кислота серная	кг	–	350
Спирт этиловый технический	$дм^3$	–	60
Пар	Гкал	–	17,86
Электроэнергия	кВт/ч	–	4785,7
Вода обессоленная	$м^3$	–	5

Нормы расхода сырья и энергоресурсов при производстве серебра уксуснокислого приведены в таблице 7.114.

Таблица 7.114 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве серебра уксуснокислого

Наименование	Единицы измерения	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Серебро	кг	–	750
Кислота соляная синтетическая техническая	кг	–	125
Кислота азотная неконцентрированная, в. с.	кг	–	1175
Сода кальцинированная техническая	кг	–	800
Калий едкий бедный хлором	кг	–	5
Бязь	м	–	2,5
Ткань фильтровальная лавсановая	м	–	2,5
Бумага фильтровальная	кг	–	2,5
Спирт этиловый технический	$дм^3$	–	275
Натрий уксуснокислый 3-водный	кг	–	1025
Пар	Гкал	–	125
Электроэнергия	кВт/ч	–	11175
вода обессоленная	$м^3$	–	12,5

Нормы расхода сырья и энергоресурсов при производстве серебра йодистого приведены в таблице 7.115.

Таблица 7.115 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве серебра йодистого

Наименование	Единицы измерения	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Кислота соляная синтетическая техническая	кг	–	465
Кислота азотная неконцентрированная, в. с.	кг	–	650
Сода кальцинированная техническая	кг	–	75
Бязь	м	–	5
Ткань фильтровальная лавсановая	м	–	5
Бумага фильтровальная	кг	–	5
Спирт этиловый технический	$дм^3$	–	60
Калий йодистый	кг	–	800
Пар	Гкал	–	5
Электроэнергия	кВт/ч	–	3850
Вода обессоленная	$м^3$	–	25

Характеристика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при производстве соединений серебра приведена в таблице 7.116.

Таблица 7.116 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве соединений серебра

Источники выбросов	Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на 1 т продукции, кг/т		
			Диапазон		Среднее значение
			минимальное значение	максимальное значение	
Выбросы организованные	Азота диоксид	–	–	35,87	–
	Азота оксид	–	–	5,829	–
	Азотная кислота	–	–	327,41	–
	Взвешенные вещества	–	–	7,637	–
	Серы диоксид	–	–	12,216	–
	Углерода оксид	–	–	13,295	–
	Гидрохлорид (водород хлористый)	–	–	68,46	–
	Углерод (сажа)	–	–	2,518	–
	Динатрий карбонат	–	–	0,109	–

Сброса сточных вод во внешнюю среду производство соединений серебра не имеет. Очищенные на локальных установках сточные воды передаются на станцию нейтрализации стороннего предприятия.

Твердые серебросодержащие отходы, полученные из сточных вод методом осаждения до серебра хлорида и из фильтровальных полотен, путем сжигания до серебросодержащей золы, используются по мере накопления в качестве сырья для производства серебра йодида.

7.10 Производство цинка азотнокислого 6-водного

Цинк азотнокислый 6-водный (гексагидрат нитрата цинка, химическая формула $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$) выпускается промышленностью в виде бесцветных прозрачных кристаллов ромбовидной формы.

Цинк азотнокислый 6-водный применяется в кожевенной и текстильной промышленности, им протравливают ткань при покраске, при производстве катализаторов, а также в гальванотехнике.

7.10.1 Описание технологических процессов, применяемых при производстве цинка азотнокислого 6-водного

Процесс производства цинка азотнокислого 6-водного состоит из следующих основных стадий (см. таблицу 7.117):

– приготовление раствора цинка азотнокислого, фильтрация раствора;

– упаривание раствора цинка азотнокислого;

– кристаллизация цинка азотнокислого 6-водного;

– центрифугирование кристаллов цинка азотнокислого 6-водного;

– фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка;

– сбор и утилизация стоков.

Принципиальная технологическая схема приведена на рисунке 7.28. Основное технологическое оборудование производства цинка азотнокислого 6-водного приведено в таблице 7.118.

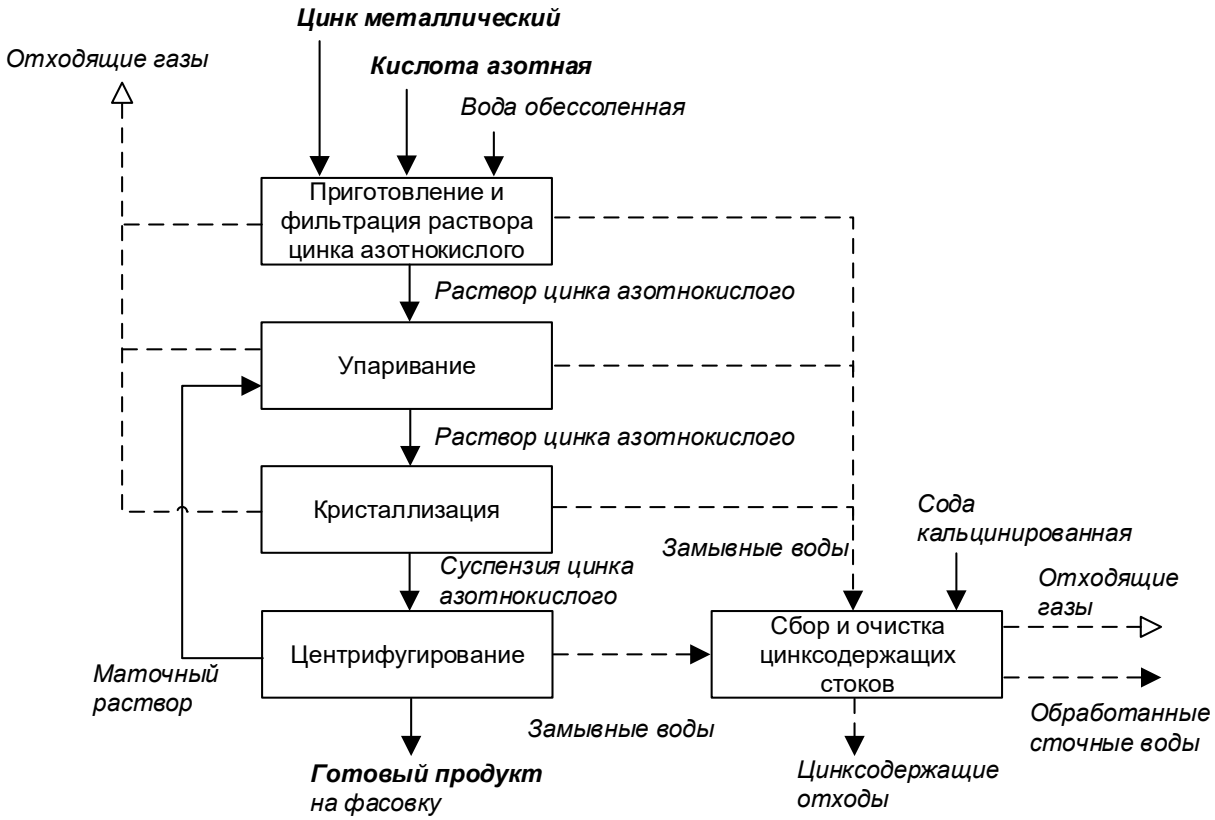


Рисунок 7.28 — Производство цинка азотнокислого 6-водного

Приготовление раствора цинка азотнокислого, фильтрация раствора

Раствор цинка азотнокислого получают растворением цинка металлического в азотной кислоте при температуре в процессе растворения 40÷70 °С, раствор выдерживают при температуре не выше 70 °С в течение 0,5÷1 часа, затем кипятят при температуре 100±5 °С до достижения pH не менее 1 и требуемых норм по содержанию примесей с последующей фильтрацией раствора.

Упаривание раствора цинка азотнокислого

Отфильтрованный раствор цинка азотнокислого упаривают под вакуумом при температуре 70÷80 °С до плотности 1640÷1650 кг/м^3 замеренной при температуре 80±10 °С, затем раствор подкисляют 56%-ной азотной кислотой до достижения нормы по содержанию свободной азотной кислоты.

Кристаллизация цинка азотнокислого 6-водного

Упаренный и подкисленный раствор цинка азотнокислого охлаждают до температуры 40÷45 °С и перемешивают в течение 3-4 часов, далее суспензию кристаллов охлаждают до температуры 20±3 °С.

Центрифугирование кристаллов цинка азотнокислого 6-водного

Суспензию цинка азотнокислого разделяют на центрифуге, маточный раствор направляют в начало технологического процесса — на стадию упаривания раствора нитрата цинка.

Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка

Отделенные при помощи центрифуги кристаллы цинка азотнокислого 6-водного фасуют, анализируют и упаковывают.

Сбор и утилизация стоков

Цинксодержащие стоки обрабатывают на локальной установке по очистке цинксодержащих стоков. Цинксодержащие стоки обрабатывают при температуре 90–100 °С с использованием соды кальцинированной до достижения pH= 8–8,5 с последующим отстаиванием, фильтрацией и контролем отфильтрованного раствора.

Таблица 7.117 — Описание технологического процесса производства цинка азотнокислого 6-водного

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Цинк металлический, кислота азотная, вода обессоленная	Приготовление раствора цинка азотнокислого, фильтрация раствора	Раствор цинка азотнокислого	Оксиды азота, пыль нитрата цинка	Емкостное оборудование, нутч-фильтр, вакуум-ловушка, вакуум-насос	–
Раствор цинка азотнокислого, маточный раствор	Упаривание раствора цинка азотнокислого	Раствор цинка азотнокислого	Оксиды азота, пыль нитрата цинка	Емкостное оборудование, вакуум-ловушка, вакуум-насос	–
Раствор цинка азотнокислого	Кристаллизация цинка азотнокислого 6-водного	Суспензия цинка азотнокислого	Оксиды азота, пыль нитрата цинка	Емкостное оборудование, теплообменники	–
Суспензия цинка азотнокислого	Центрифугирование кристаллов цинка азотнокислого 6-водного	Кристаллы цинка азотнокислого 6-водного, маточный раствор	–	Центрифуги	–
Кристаллы цинка азотнокислого 6-водного	Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка	Готовый продукт	–	Фасовочная машина	–
Замывные воды, сода кальцинированная	Сбор и обработка цинксодержащих сточных вод	Осветленные сточные воды, осадок	–	Реактор, нутч-фильтр	–

Таблица 7.118 — Основное технологическое оборудование производства цинка азотнокислого 6-водного

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Сборник маточного р-ра	Производство цинка азотнокислого 6-водного	Сталь эмаль, V = 40 м^3
Мерник азотной кислоты		Нерж. сталь
Теплообменник		Нерж. сталь F = 26,0 м^2
Сборник конденсата		Нерж. сталь F = 26,0 м^2
Центрифуга ФМБ62М-3		Сборн.
Машина для запайки		Сборн.
Весы РП150Ц-13Т		Сборн. Q=150 кг
Нутч-фильтр		Нерж. сталь F = 0,95 м^2
Теплообменник		Нерж. сталь F = 7 м^2
Емкость для замывки		Нерж. сталь V = 0,63 м^3
Насос центробежный 1,5Х6Д-1-41		Сборн.
Реактор-упарочник		Нерж. сталь V = 3,2 м^3
Вакуум-ловушка		Сталь эмаль, V= 0,63 м^3
Вакуум-насос ВВН-12		Сборн. Q= 0,2 м^3/с
Реактор синтеза		Нерж. сталь V=2,5 м^3
Кристаллизатор		Нерж. сталь V=2,0 м^3
Вакуум-сборник		Нерж. сталь V=3,2 м^3
Центрифуга ФГН-663		Сборн.
Реактор растворения		Нерж. сталь V=3,2 м^3

7.10.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду

Нормы расхода сырья и энергоресурсов при производстве цинка азотнокислого 6-водного приведены в таблице 7.119. Характеристика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при производстве цинка азотнокислого 6-водного приведена в таблице 7.120.

Таблица 7.119 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве цинка азотнокислого 6-водного

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Цинк металлический	кг/т	–	212,1
Кислота азотная неконцентрированная с. в.	кг/т	–	960
Сода кальцинированная техническая	кг/т	–	20
Бумага фильтровальная	кг/т	–	8
Бязь	п.м/т	–	1,5
Полотно лавсановое	м/т	–	2
Вода обессоленная	м^3/т	–	0,700
Вода техническая	м^3/т	–	0,139
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	700
Пар	Гкал/т	–	10

Таблица 7.120 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве цинка азотнокислого 6-водного

Источники выбросов	Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на 1 т продукции, кг/т		
			Диапазон		Среднее значение
			минимальное значение	максимальное значение	
Реактор растворения, обработки от примесей, кристаллизатор	Азота диоксид	–	–	0,0905	–
	Азота оксид	–	–	0,0147	–
	Аммиак	–	–	0,0925	–
	Нитрат цинка (в пересчете на цинк)	–	–	0,411	–

Сброса сточных вод во внешнюю среду производство цинка азотнокислого 6-водного не имеет. Очищенные на локальных установках сточные воды передаются на станцию нейтрализации стороннего предприятия. Отходы, образующиеся при производстве производства цинка азотнокислого 6-водного, приведены в таблице 7.121.

Таблица 7.121 — Отходы, образующиеся при производстве производства цинка азотнокислого 6-водного

Наименование	Класс опасности	Источник образования	Способ утилизации, обезвреживания, размещения	Масса образующихся отходов производства в расчете на 1 т продукции, кг/т		
				Диапазон		Среднее значение
				минимальное значение	максимальное значение	
Ткани фильтровальные из разнородных материалов в смеси, загрязненные нерастворимыми или малорастворимыми минеральными веществами	4	Фильтрация раствора	Захоронение	–	0,000745	–
Осадок очистки сточных вод производства цинка известкованием	4	Осадок очистки сточных вод	–	–	9,314	–

7.11 Производство жидкости тяжелой М-45

Жидкость тяжелая М-45 (концентрированный раствор комплексной соли $Ba[CdI_4]$) выпускается промышленностью в виде прозрачной жидкости желто-коричневого цвета, темнеющей под действием света.

Жидкость тяжелая М-45 применяется в минералогических исследованиях и в лабораторной практике, а также для флотации руд.

7.11.1 Описание технологических процессов, применяемых при производстве жидкости тяжелой М-45

Процесс производства жидкости тяжелой М-45 состоит из следующих основных стадий (см. таблицу 7.122):

– синтез жидкости тяжелой М-45;

– упаривание жидкости тяжелой М-45;

– фильтрация жидкости тяжелой М-45;

– фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка.

Принципиальная технологическая схема приведена на рисунке 7.29. Основное технологическое оборудование производства жидкости тяжелой М-45 приведено в таблице 7.123.

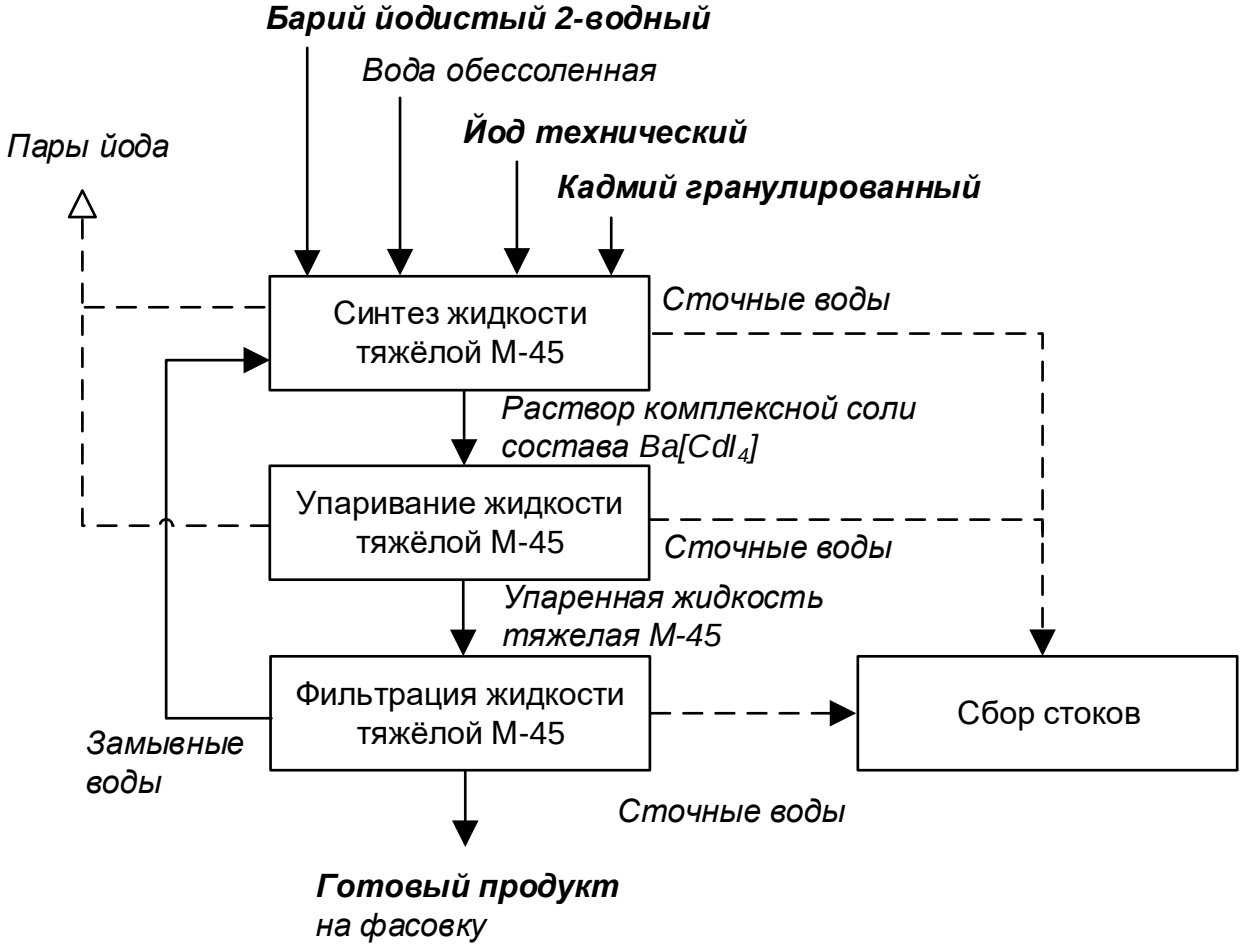


Рисунок 7.29 — Производство жидкости тяжелой М-45

Синтез жидкости тяжелой М-45

В стальную эмалированную чашу загружают барий йодистый 2-водный, затем в чашу подают обессоленную воду и замывные воды от промывки обработанных фильтров, загружают йод и перемешивают до полного растворения кристаллов. В полученный раствор полийодида бария загружают кадмий гранулированный и перемешивают раствор до достижения темно-коричневого цвета получаемого раствора. Раствор

нагревают до температуры 50±10 °С и выдерживают при данной температуре 15–20 часов. После выдержки содержимое нагревают до кипения, поддерживая объем. Кипячение проводят до осветления раствора и перехода окраски в светло-желтый, светло-коричневый цвет.

Упаривание жидкости тяжелой М-45

Осветленный раствор комплексной соли упаривают при кипении до появления тонкой пленки на поверхности жидкости у стенки чаши, после чего подачу пара в рубашку чаши прекращают.

Фильтрация жидкости тяжелой М-45

Упаренную жидкость тяжелую М-45 фильтруют, наблюдая за прозрачностью фильтрата и отсутствием механических примесей и опалесценции.

Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка

Фильтрат тщательно перемешивают и проверяют значение величины pH= 3-4. Контроль плотности раствора проводят при температуре 20±5 °С, значение плотности должно составлять 3 г/дм^3. Жидкость тяжелую, плотность которой составляет не менее 3 г/см^3, а относительная вязкость не более 30, разливают в промежуточную тару и отправляют на фасовку, контроль ОТК и анализ.

Таблица 7.122 — Описание технологического процесса производства жидкости тяжелой М-45

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Основные, побочные и промежуточные продукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Барий йодистый 2-водный, вода обессоленная, замывные воды, йод технический, кадмий гранулированный	Синтез жидкости тяжелой М-45	Раствор комплексной соли состава $Ba[CdI_4]$	Пары йода	Емкостное оборудование	
Раствор комплексной соли состава $Ba[CdI_4]$	Упаривание жидкости тяжелой М-45	Упаренная жидкость тяжелая М-45	Пары йода	Емкостное оборудование	
Упаренная жидкость тяжелая М-45	Фильтрация жидкости тяжелой М-45	Жидкость тяжелая М-45	–	Нутч-фильтр, вакуум-насос, вакуум-ловушка	
Жидкость тяжелая М-45	Фасовка, контроль ОТК и анализ, упаковка и маркировка	Готовый продукт	–	–	

Таблица 7.123 — Основное технологическое оборудование производства жидкости тяжелой М-45

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Чаша	Производство жидкости тяжелой М-4	Сталь, эмаль V=0,4 м^3
Нутч-фильтр		Фарфор V=50 дм^3
Вакуум-насос ВВН-1-3		Q=3,3 м^3/мин
Вакуум-ловушка		Сталь, эмаль V=0,63 м^3

7.11.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду

Нормы расхода сырья и энергоресурсов при производстве жидкости тяжелой М-45 приведены в таблице 7.124. Характеристика выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при производстве жидкости тяжелой М-45 приведена в таблице 7.125. Отходы, образующиеся при производстве жидкости тяжелой М-45, приведены в таблице 7.126.

Таблица 7.124 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве жидкости тяжелой М-45

Наименование	Единицы измерения	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Барий йодистый 2-водный	кг	–	1416,2
Йод технический	кг	–	829,7
Кадмий гранулированный	кг	–	356,8
Кислота йодистоводородная, ч	кг	–	1,35
Бумага фильтровальная лабораторная	кг	–	49,2
Бязь	м	–	24,6
Бумага оберточная	кг	–	29,7
Бельтинг «ф»	м	–	1,6
Вода обессоленная	м^3	–	13,5
Вода техническая	м^3	–	13,5
Электроэнергия	кВт·ч	–	1135,1
Пар	Гкал	–	35,1

Таблица 7.125 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве жидкости тяжелой М-45

Источники выбросов	Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на 1 т продукции, кг/т		
			Диапазон		Среднее значение
			минимальное значение	максимальное значение	
Реактор	Йод	–	–	0,11	–

Сброса сточных вод во внешнюю среду производство жидкости тяжелой М-45 не имеет. Очищенные на локальных установках сточные воды передаются на станцию нейтрализации стороннего предприятия.

Таблица 7.126 — Отходы, образующиеся при производстве жидкости тяжелой М-45

Наименование	Класс опасности	Источник образования	Способ утилизации, обезвреживания, размещения	Масса образующихся отходов производства в расчете на 1 тонну продукции, кг/т		
				Диапазон		Среднее значение
				Минимальное значение	Максимальное значение	
Ткани фильтровальные из разнородных материалов в смеси, загрязненные нерастворимыми или малорастворимыми минеральными веществами	–	–	Захоронение	–	0,27	–

7.12 Производство железного купороса как побочного продукта производства диоксида титана

Железный купорос (железа (II) сульфат гептагидрат, химическая формула $FeSO_4 \cdot 7H_2O$) выпускается промышленностью в виде зеленовато-голубых кристаллов. В данном разделе описано производство железного купороса в качестве побочного продукта в составе производства диоксида титана.

Технология получения технического железного купороса включает следующие стадии:

– прием сырья;

– дозирование;

– сушка;

– грохочение (классификация);

– упаковка и складирование.

7.12.1 Описание технологических процессов, используемых в производстве железного купороса как побочного продукта производства диоксида титана

Поточная схема производства железного купороса приведена на рисунке 7.30.

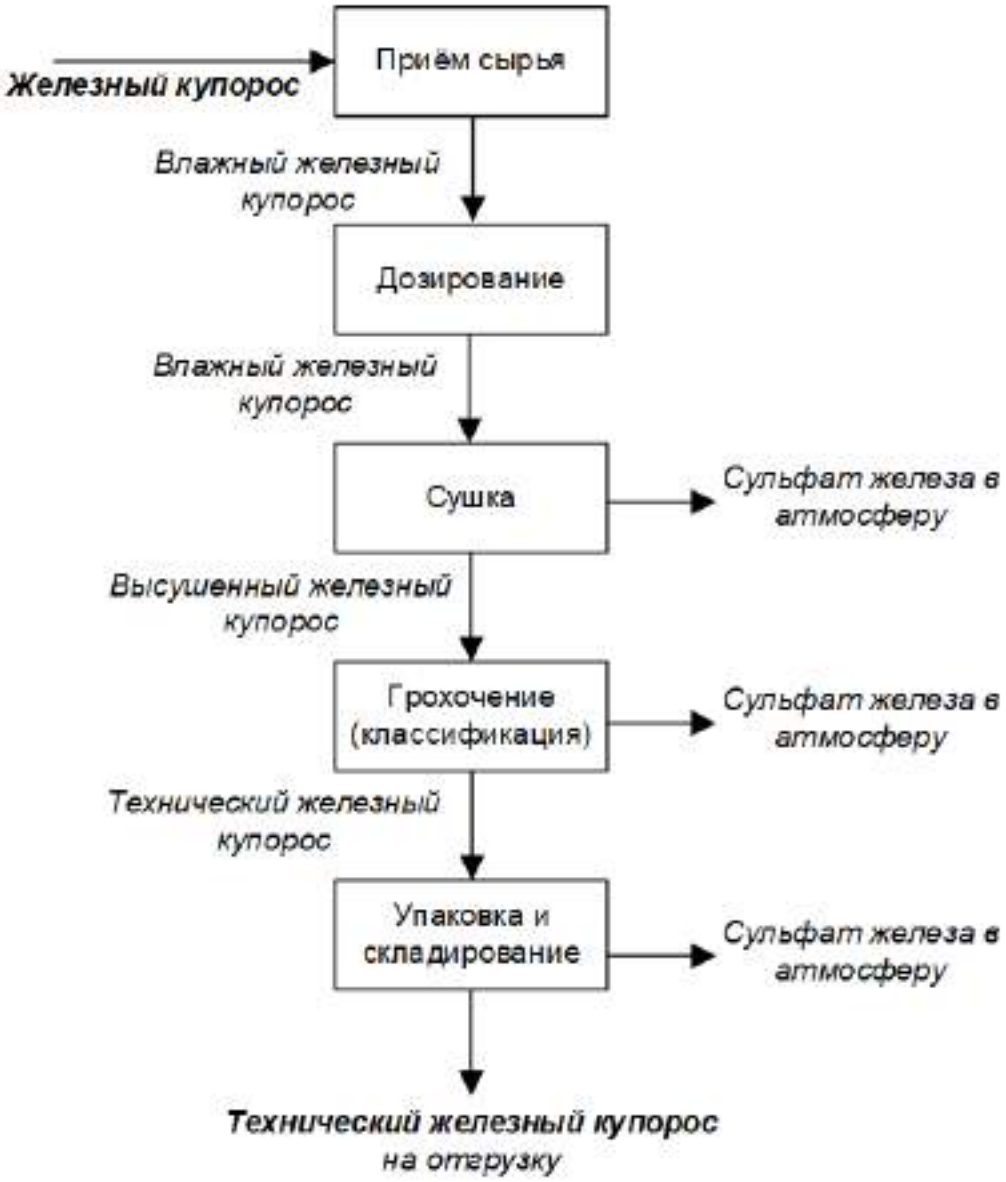


Рисунок 7.30 — Производство железного купороса как побочного продукта производства диоксида титана

Влажный железный купорос подают двухвалковым шнеком из бункера в сушилку. Очистка выбросов от сушилки осуществляют с применением камерного фильтра. Высушенный и охлажденный железный купорос направляют в грохот для разделения на фракции. Грубую фракцию измельчают в дробилке, измельченный продукт вместе с мелкой фракцией отправляют на упаковку и складирование. Выбросы на стадиях классификации и упаковки очищают от пыли сульфата железа с помощью рукавных фильтров.

Описание технологического процесса приведено в таблице 7.127, перечень основного технологического и природоохранного оборудования — в таблицах 7.128–7.129 соответственно.

Таблица 7.127 — Описание технологического процесса производства железного купороса как побочного продукта производства диоксида титана

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Продукты и полупродукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Железный купорос	Приём сырья	Влажный железный купорос		Бункер	
Влажный железный купорос	Дозирование	Влажный железный купорос		Двухвалковый шнек	
Влажный железный купорос	Сушка	Высушенный железный купорос	Сульфат железа	Сушилка	Камерный фильтр
Высушенный железный купорос	Грохочение (классификация)	Технический железный купорос	Сульфат железа	Грохот Дробилка	Рукавный фильтр
Технический железный купорос	Упаковка и складирование	Технический железный купорос	Сульфат железа	Бункер	Рукавный фильтр

Таблица 7.128 — Перечень основного оборудования производства железного купороса как побочного продукта производства диоксида титана

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Сушилка виброкипящего слоя	Сушка продукта	–
Холодильник-калорифер-теплообменник	Охлаждение продукта с помощью воды и окружающего воздуха	–
Грохот ГВЧ инерционный самобалансный	Разделение по фракциям	–
Дробилка	Измельчение крупной фракции до требуемых параметров	–
Упаковочная машина	Упаковка готового продукта	Масса контейнеров 800 и 1000 кг

Таблица 7.129 — Перечень природоохранного оборудования производства железного купороса как побочного продукта производства диоксида титана

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики природоохранного оборудования
Аспирационная установка		Камерный жет-фильтр рукавный, поверхность фильтрования 998 м^2
Аспирационная установка -рукавный фильтр	Очистка запыленного воздуха	Поверхность фильтрования 55,2 м^2

7.12.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при производстве железного купороса как побочного продукта производства диоксида титана

Нормы расходов материальных и энергетических ресурсов приведены в таблице 7.130.

Таблица 7.130 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве железного купороса как побочного продукта производства диоксида титана

Наименование	Единицы измерения	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Железный купорос (натура)	кг/т	1116,0	1134,0
Мел	кг/т	17,5	17,5
Электроэнергия	кВт·ч	39,5	39,5
Воздух сжатый осушенный	$нм^3$	18,1	18,1
Пар среднего давления	Гкал/т	0,3	0,3
Вода техническая	$м^3$	0,95	0,95

Характеристика выбросов, образующихся при производстве железного купороса как побочного продукта производства диоксида титана, приведена в таблице 7.131.

Таблица 7.131 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве железного купороса как побочного продукта производства диоксида титана (в пересчете на сумму продуктов: пигмент красный железоокисный, железа (II) сульфат технический, железный купорос технический)

Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на 1 т продукции, кг/т		
		Диапазон		Среднее значение
		минимальное значение	максимальное значение	
Углерода оксид	Сухая очистка отходящих газов	0,0013	0,0021	0,0017
Азота оксид		0,000048	0,00041	0,00023
Азота диоксид		0,000048	0,0025	0,00128
Серная кислота		0,000096	0,00079	0,00044
Взвешенные вещества		0,046	0,075	0,065
Железа оксид (III) Fe_2O_3		0,044	0,046	0,045
Железа сульфат (II) $FeSO_4$		0	0,029	0,0147

Характеристика отходов, образующихся при производстве железного купороса как побочного продукта производства диоксида титана, приведена в таблице 7.132.

Таблица 7.132 — Отходы, образующиеся при производстве железного купороса как побочного продукта производства диоксида титана (в пересчете на сумму продуктов: пигмент красный железоокисный, железа (II) сульфат технический, железный купорос технический)

Наименование	Класс опасности	Источник образования	Способ утилизации, обезвреживания, размещения	Масса образующихся отходов производства в расчете на 1 т продукции, кг/т		
				Диапазон		Среднее значение
				Минимальное значение	Максимальное значение	
Стоки производств диоксида титана и железоокисных пигментов в смеси	4	Производство диоксида титана, железоокисных пигментов и побочных продуктов	Размещение в кислотонакопителе	2920	3780	3350

Раздел 8 Производство треххлористого бора

Треххлористый бор широко используется в различных отраслях народного хозяйства, в частности:

– в синтезе гидридов бора;

– при получении нитридов бора и других борных соединений;

– в качестве сырья для получения особо чистого элементарного бора с чистотой 99,5% мин.;

– при получении борных волокон с высоким пределом прочности;

– в качестве катализатора в катионной полимеризации;

– для удаления нитридов, карбидов, оксидов из алюминия, магния, цинка и меди;

– для получения низших хлоридов бора (тетрахлорид дибора, тетрабортетрахлорид, оксихлорид бора);

– в качестве сырья в электронике и микроэлектронике для плазменно-химического травления слоев на основе алюминия в производстве кремниевых интегральных схем.

8.1 Описание технологических процессов, используемых в производстве треххлористого бора

Промышленный способ получения треххлористого бора — хлорирование карбида бора при высокой температуре. Принципиальная схема производства данного продукта приведена на рисунке 8.1.

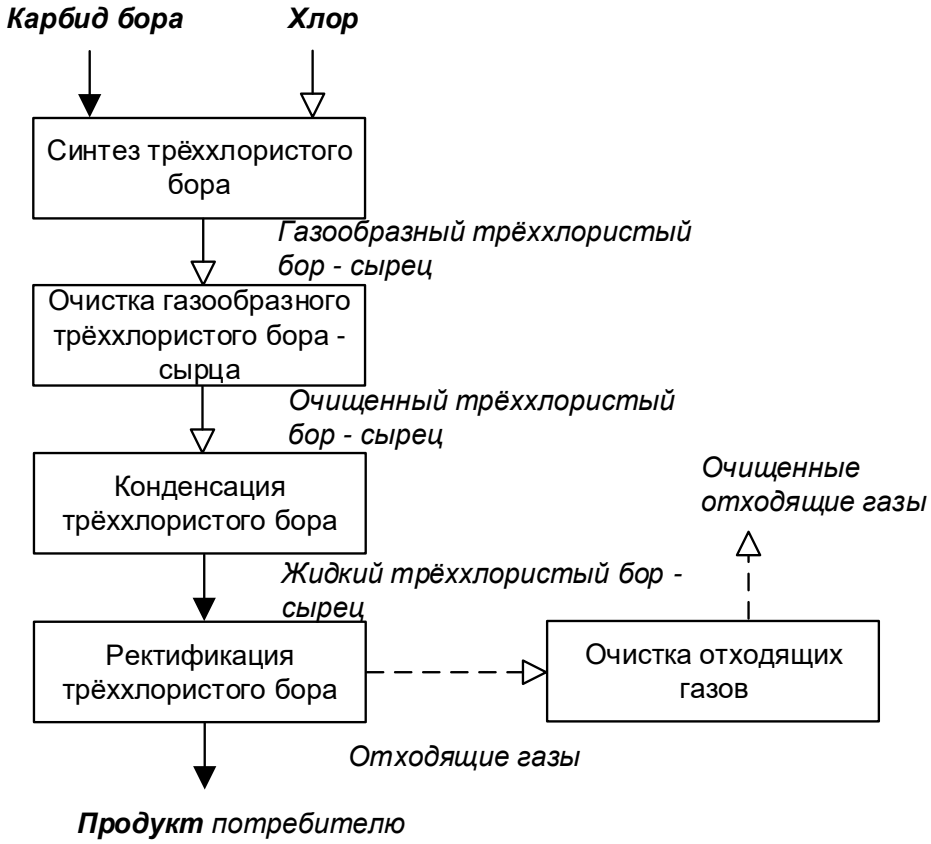


Рисунок 8.1 — Принципиальная схема получения треххлористого бора

Треххлористый бор (далее по тексту ТХБ), химическая формула — BCl_3, легко сжижаемый газ. Получают ТХБ хлорированием карбида бора в реакторе с «кипящим слоем» по реакции:

$$B_4C + 6Cl_2 \rightarrow 4BCl_3 + C.$$

Производство треххлористого бора состоит из следующих стадий: синтез ТХБ, очистка газообразного ТХБ, конденсация ТХБ, ректификация ТХБ, очистка отходящих газов.

Газообразный хлор поступает в производство по трубопроводу или получается методом испарения жидкого хлора. Карбид бора поступает пневмотранспортом в бункер и далее дозируется в реактор синтеза ТХБ. Нагрев карбида бора в реакторе осуществляется за счет электроэнергии, подводимой к корпусу и электроду. Реакционные газы после реактора очищаются от твердых примесей и поступают на стадию конденсации. Сконденсированный ТХБ поступает на стадию ректификации. Не сконденсированные газы поступают на стадию очистки отходящих газов, где промываются водой перед выбросом в атмосферу. Кубовый остаток после стадии ректификации отправляется на перегонку с образованием газообразного ТХБ и концентрата четыреххлористого кремния. Концентрат четыреххлористого кремния гидролизуется с образованием кислых стоков. Данные стоки смешиваются с абсорбционной жидкостью со стадии промывки отходящих газов и направляются на нейтрализацию. В качестве нейтрализующего агента используется раствор щелочи или отработанный электролит производства

электролизного водорода. Нейтрализованные стоки направляются в централизованную систему водоотведения с дальнейшей передачей на районные очистные сооружения.

Углерод и непрореагировавший карбид бора (далее — УО), отфильтрованные из газов после реактора, подаются в испаритель для отгонки газообразного ТХБ, а затем смешиваются с водой с целью уменьшения пыления (гранулируются) и как отход направляются на захоронение.

Газообразный ТХГ, полученный со стадий переработки кубового остатка и десорбции УО, смешивается с основным газовым потоком перед стадией конденсации.

Описание технологического процесса приведено в таблице 8.1, перечень основного оборудования — в таблицах 8.2–8.3.

Описание технологического процесса по стадиям приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 — Описание технологического процесса получения треххлористого бора

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Продукты и полупродукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Хлор Карбид бора	Прием и хранение сырья	Хлор Карбид бора		Бункера, транспортное оборудование	
Хлор, Карбид бора	Синтез треххлористого бора (ТХБ)	Газообразный ТХБ-сырец		Реактор с кипящим слоем	
Газообразный ТХБ-сырец	Очистка газообразного ТХБ-сырца	Газообразный ТХБ-сырец Углерод и непрореагировавший карбид бора (далее — УО))		Фильтр и бункер	
Газообразный ТХБ-сырец	Конденсация газообразного ТХБ со всех стадий технологического процесса	жидкий ТХБ-сырец, газообразная смесь несконденсировавшегося ТХБ и азота		Конденсатор	

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Продукты и полупродукты	Эмиссии		
Газообразная смесь несконденсировавшегося ТХБ и азота, вода	Абсорбционная очистка на газоочистная установке	Кислые стоки	Газы в атмосферу		Санитарная колонна

Окончание таблицы 8.1

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Продукты и полупродукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Жидкий ТХБ-сырец	Ректификация жидкого ТХБ-сырца	Треххлористый бор марок «А», «99, 95», кубовый остаток		Колонна ректификации	
Кубовый остаток	Переработка кубового остатка	ТХБ марки «А», четырех-хлористый кремний		Отгонный куб	
Четыреххлористый кремний, вода	Гидролиз выделенного при переработке кубового остатка ЧХК	Кислые стоки (содержащие продукты разложения ЧХК).		Гидролизер	
Кислые стоки (содержащие продукты разложения ЧХК), Нейтрализующий агент	Нейтрализация кислых стоков		Нейтрализованные стоки в централизованную систему водоотведения		Нейтрализатор
УО	Десорбция УО	Газообразный ТХБ-сырец, УО, очищенный от ТХБ		Испаритель	
УО-очищенный от ТХБ, вода	Грануляция		Отход хлорирования боросодержащего сырья при производстве ТХБ		Гранулятор

Таблица 8.2 — Перечень основного технологического оборудования производства треххлористого бора

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Реактор	Производство трехлористого бора	Корпус футерован графитовыми царгами. Диаметр — 550 мм. Высота — 2800 мм
Фильтр		Диаметр — 900 мм. Высота — 3150 мм
Конденсатор		Теплообменник типа «труба в трубе». Площадь поверхности — 5,5м^2
Колонна ректификации		Насадочная колонна. Диаметр — 400 мм. Высота — 8000 мм

Окончание таблицы 8.2

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Десорбер		Диаметр — 500 мм. Высота — 2600 мм
Гранулятор		Диаметр — 1200 мм. Высота — 1300 мм
Испаритель		Вертикальный аппарат с рубашкой. Диаметр — 1100 мм. Высота — 1800 мм
Колонна ректификации		Насадочная колонна. Диаметр — 273 мм. Высота — 12000 мм
Колонна ректификации		Насадочная колонна. Диаметр — 273 мм. Высота — 1515 мм

Таблица 8.3 — Перечень природоохранного оборудования производства треххлористого бора

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики природоохранного оборудования
Санитарная колонна	Производство треххлористого бора	Насадочная колонна. Диаметр — 600 мм. Высота — 8000 мм

8.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при производстве треххлористого бора

Нормы расходов материальных и энергетических ресурсов приведены в таблице 8.4.

Таблица 8.4 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве треххлористого бора

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Хлор	кг/т	–	914
Карбид бора	кг/т	–	133

Характеристика выбросов, образующихся при производстве треххлористого бора, приведена в таблице 8.5, сточных вод — в таблице 8.6.

Таблица 8.5 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве треххлористого бора

Источники выбросов	Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на 1 т продукции, кг/т		
			Диапазон		Среднее значение
			минимальное значение	максимальное значение	
Выбросы организованные	Борная кислота (ортоборная кислота)	Улавливание газообразной смеси несконденсировавшегося ТХБ и азота методом сорбции водой	–	4,87	–
	Фосген		–	0,37	–
	Хлор		–	0,72	–
	Хлористый водород		–	5,5	–
	Дихлорфторметан		–	3,46	–
	Метилен хлористый		–	4,42	–

Таблица 8.6 — Сбросы загрязняющих веществ при производстве треххлористого бора

Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, повторного использования	Показатели сбросов загрязняющих веществ в расчете на тонну 1 т продукции, кг/т		
		Диапазон		Среднее значение
		минимальное значение	максимальное значение	
Сульфат-анион	Нейтрализация кислых стоков раствором щелочи или отработанным электролитом производства электролизного водорода	–	1,06	–
Сульфит-анион		–	0,51	–
Хлорид-анион		–	16,96	–

Характеристика отходов, образующихся при производстве треххлористого бора, приведена в таблице 8.7.

Таблица 8.7 — Отходы, образующиеся при производстве треххлористого бора

Наименование	Класс опасности	Источник образования	Способ утилизации, обезвреживания, размещения	Масса образующихся отходов производства в расчете на 1 т продукции, кг/т		
				Диапазон		Среднее значение
				Минимальное значение	Максимальное значение	
Твердые отходы хлорирования боросодержащего сырья	4	Производство треххлористого бора	–	–	56,4	–

Раздел 9 Производство диоксида титана

Диоксид титана (двуокись титана, оксид титана (IV), химическая формула TiO_2), выпускается промышленностью в виде порошкообразного материала белого цвета. К областям применения диоксида титана относятся производство лакокрасочных материалов, в том числе титановых белил, пластмасс, синтетических волокон, ламинированной бумаги, термостойкого и оптического стекла, косметических средств. Основным сырьем производства диоксида титана в России служит ильменит (ильменитовый концентрат).

9.1 Описание технологических процессов, используемых в производстве диоксида титана

В России диоксид титана получают сернокислотным (сульфатным) способом из ильменитового концентрата.

Технологический процесс производства диоксида титана состоит из следующих основных стадий в составе единой технологической линии:

– прием сырья;
– размол;
– разложение ильменитового концентрата;
– восстановление;
– «черная» фильтрация;
– вакуум-кристаллизация и центрифугирование;
– вакуум-выпарка;
– гидролиз, приготовление зародышей анатаза и рутилирующих зародышей;
– «белая» фильтрация, отбелка и солеобработка;
– прокалка;
– сухой размол;
– мокрый размол и гидроклассификация;
– поверхностная обработка;
– фильтрация обработанной суспензии двуокиси титана и сушки;
– микроразмол;
– упаковка.

Поточная схема производства диоксида титана приведена на рисунке 9.1.

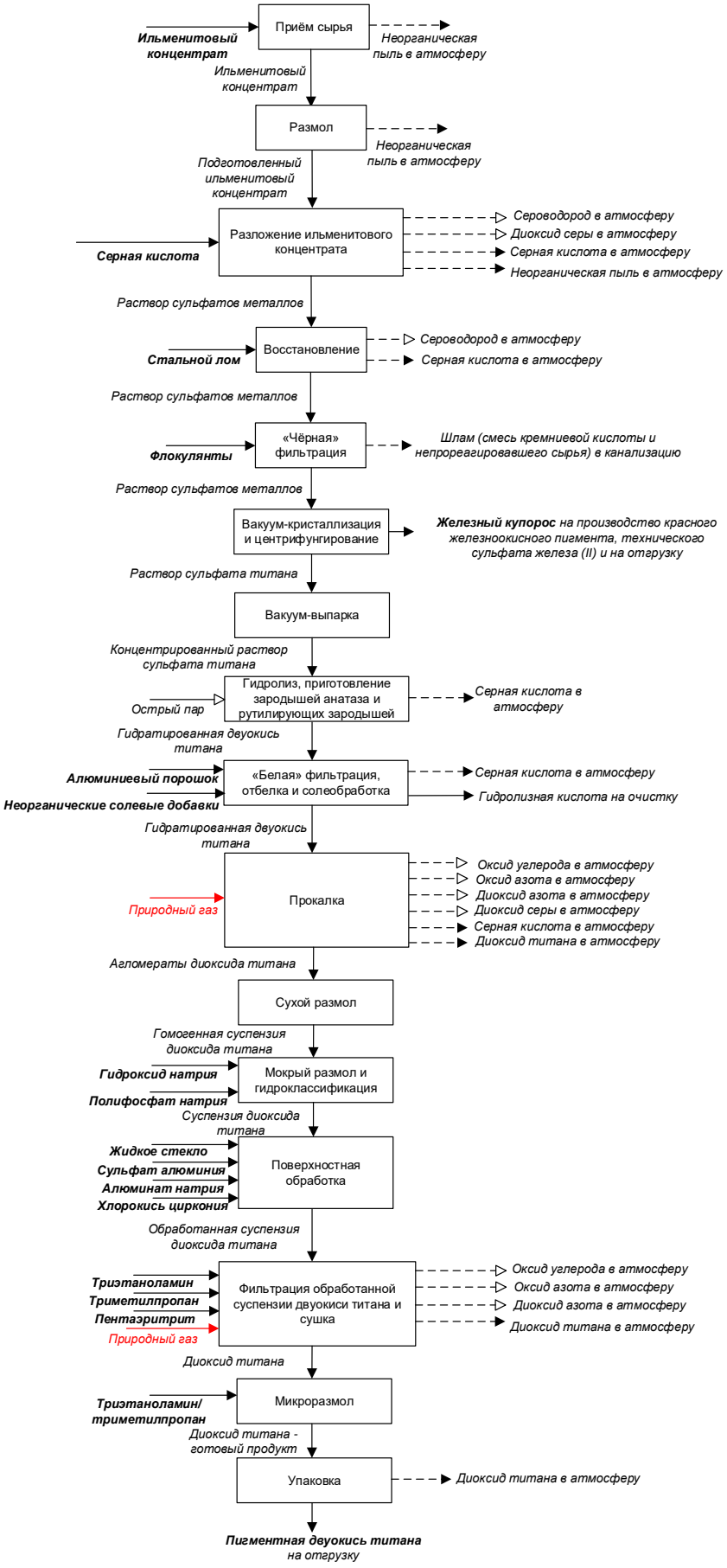


Рисунок 9.1 — Принципиальная схема получения диоксида титана

На стадии приема сырья ильменитовый концентрат выгружают в приемные бункера. Удаление загрязняющих веществ (неорганической пыли) от приемных бункеров осуществляется через вентиляционные трубы каждого бункера, оборудованные рукавными фильтрами. Крупную фракцию направляют в шаровую мельницу на размол. Выделяющуюся неорганическую пыль улавливают с помощью рукавных фильтров и циклонов. Подготовленный ильменитовый концентрат направляют на стадию разложения в реакторах с барботерами в присутствии серной кислоты при температуре 200–220 °С для перевода соединений титана, находящихся в ильмените, в растворимые сернокислотные соли. Полученный раствор, содержащий сульфаты титана, железа (II и III), направляют на стадию восстановления в реакторах водородом, образующимся в результате взаимодействия серной кислоты и подаваемым стальным ломом (обрезью жести) при температуре 70–75 °С. На стадии «черной» фильтрации раствор сульфата титана освобождают от шлама фильтрованием на барабанных вакуум-фильтрах через намывной слой древесной муки с применением флокулянтов. Шлам после промывки направляют в шламонакопитель, отфильтрованный раствор — на стадию вакуум-кристаллизации и центрифугирования, где отделяют кристаллы железного купороса от маточного раствора сульфата титана. На стадии вакуум-выпарки концентрируют раствор сульфата титана путем выпаривания под вакуумом. На стадии гидролиза приготавливают зародыши анатаза из концентрированных растворов сульфата титана, проводят гидролиз упаренного раствора сульфата титана в реакторах с якорной мешалкой и паровыми барботерами с получением гидратированной двуокиси титана, которую направляют на стадию «белой» фильтрации, отбелки и солеобработки для отделения гидратированной двуокиси титана от гидролизной кислоты фильтрованием на барабанных вакуум-фильтрах и фильтр-прессах с последующей промывкой химочищенной водой. Между стадиями фильтрации проводят отбелку пасты гидратированной двуокиси титана в реакторах и обработку неорганическими солевыми добавками. После первой стадии фильтрации образуется гидролизная кислота, которая проходит очистку в патронном фильтре. На стадии прокалки в барабанной печи из пасты гидратированной двуокиси титана удаляют воду и серную кислоту. Полученные агломераты диоксида титана направляют на стадию сухого размола для получения гомогенной суспензии диоксида титана и далее на стадию мокрого размола в шаровой мельнице и гидроклассификации на осадительной классифицирующей центрифуге. Суспензию диоксида титана подвергают поверхностной обработке жидким стеклом, сульфатом алюминия, алюминатом натрия, хлорокисью циркония в реакторе с мешалкой и барботером с целью улучшения пигментных свойств готового продукта. Обработанную суспензию диоксида титана направляют на стадию фильтрации от водорастворимых соединений на барабанных вакуум-фильтрах с промежуточной репульпацией и сушки в ленточных сушилках и распылительной сушилке. Высушенный диоксид титана диспергируют на кольцевых пароструйных мельницах с получением готового продукта — пигментной двуокиси титана.

Описание технологического процесса приведено в таблице 9.1, перечень основного технологического и природоохранного оборудования — в таблицах 9.2–9.3 соответственно.

Таблица 9.1 — Описание технологического процесса получения диоксида титана

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Продукты и полупродукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Ильменитовый концентрат	Прием сырья	Ильменитовый концентрат	Пыль неорганическая: до 20% SiO_2	Бункер	Рукавный фильтр
Ильменитовый концентрат	Размол	Подготовленный ильменитовый концентрат	Пыль неорганическая: до 20% SiO_2	Шаровая мельница Конвейер Центробежный сепаратор	Рукавный фильтр Циклон
Подготовленный ильменитовый концентрат Серная кислота	Разложение ильменитового концентрата	Раствор сульфатов металлов	Сероводород Диоксид серы Серная кислота Пыль неорганическая: до 20% SiO_2	Реактор с барботёром	
Раствор сульфатов металлов Стальной лом	Восстановление	Раствор сульфатов металлов	Сероводород Серная кислота	Реактор	
Раствор сульфатов металлов Флокулянты	«Черная» фильтрация	Раствор сульфатов металлов	Шлам	Барабанный вакуум-фильтр	
Раствор сульфатов металлов	Вакуум-кристаллизация и центрифугирование	Раствор сульфата титана Железный купорос		Вакуум-кристаллизационная установка Центрифуга	
Раствор сульфата титана	Вакуум-выпарка	Концентрированный раствор сульфата титана		Вакуум-выпарная установка	

Продолжение таблицы 9.1

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Продукты и полупродукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Концентрированный раствор сульфата титана Острый пар	Гидролиз, приготовление зародышей анатаза и рутилирующих зародышей	Гидратированная окись титана	Серная кислота	Реактор гидролиза с якорной мешалкой и паровыми барботерами Реактор приготовления зародышей анатаза	
Гидратированная окись титана Алюминиевый порошок Неорганические солевые добавки	«Белая» фильтрация, отбелка и солеобработка	Гидратированная двуокись титана	Серная кислота Гидролизная кислота	Барабанный вакуум-фильтр Реактор отбелки	Патронный фильтр
Гидратированная двуокись титана	Прокалка	Агломераты диоксида титана	Оксид углерода Оксид азота Диоксид азота Диоксид серы Серная кислота Диоксид титана	Печь прокалки	Скруббер
Агломераты диоксида титана	Сухой размол	Гомогенная суспензия диоксида титана		Валковый измельчитель	
Гомогенная суспензия диоксида титана Гидроксид натрия Полифосфат натрия	Мокрый размол и гидроклассификация	Суспензия диоксида титана		Шаровая мельница Центрифуга классифицирующая	

Окончание таблицы 9.1

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Продукты и полупродукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Суспензия диоксида титана Жидкое стекло Сульфат алюминия Алюминат натрия Хлорокись циркония	Поверхностная обработка	Обработанная суспензия диоксида титана		Реактор с лопастной мешалкой и паровым барботёром	
Обработанная суспензия диоксида титана Триэтаноламин Триметилпропан Пентаэритрит	Фильтрация обработанной суспензии двуокиси титана и сушки	Диоксид титана	Оксид углерода Оксид азота Диоксид азота Диоксид титана	Барабанный вакуум-фильтр Ленточная сушилка	
Диоксид титана	Микроразмол	Диоксид титана — готовый продукт		Мельница кольцевая пароструйная	
Диоксид титана — готовый продукт	Упаковка	Пигментная двуокись титана на отгрузку	Диоксид титана	Упаковочная машина Бункер	Рукавный фильтр

Таблица 9.2 — Перечень основного оборудования производства диоксида титана

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Аппарат цилиндрический с плоским днищем	Предназначен для приготовления и отстаивания 9-процентного раствора жидкого стекла	Оборудован двухлопастной мешалкой
Сварная, цилиндрическая емкость с эллиптическим днищем и съемной крышкой	Предназначен для приготовления алюмината натрия	Оборудована лопастной мешалкой и паровой рубашкой
Аппарат вертикальный, цилиндрический с плоским отбортованным днищем и съемной крышкой алюминия	Предназначен для приготовления суспензии гидроокиси	Оборудован двухлопастной мешалкой

Продолжение таблицы 9.2

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Реактор синтеза вертикальный, цилиндрический с плоским днищем	Предназначен для получения сернокислого алюминия.	
Аппарат с мешалкой вертикальный, цилиндрический с плоским днищем и съемной крышкой	Предназначен для растворения плава сернокислого алюминия	Оборудован двухлопастной мешалкой
Мельница шаровая МШ с приспособлениями для разгрузки мелющих тел	Подготовка титаносодержащего сырья	
Сепаратор центробежный	Подготовка титаносодержащего сырья	
Реактор разложения		Цилиндрический аппарат с коническим днищем и барботером для сжатого воздуха и пара, снабжен выхлопной трубой.
Реактор циркуляционного восстановления		Цилиндрический аппарат с коническим днищем, оборудован барботером
Вакуум-фильтр барабанный. Предназначен для отделения восстановленного раствора сульфата титана от шлама путем фильтрования		Оборудован ножевым съемом осадка, с качающейся мешалкой
Вакуум-кристаллизатор	Предназначен для испарения части воды и охлаждением раствора. Стадия вакуум-кристаллизации и центрифугирования	Цилиндрический аппарат со сферическими днищем и крышкой снабжен мешалкой.
Конденсатор смешения барометрический трехступенчатый	Предназначен для утилизации отработанного пара от кристаллизаторов. Стадия вакуум-кристаллизации и центрифугирования	Цилиндрический, со сферическими днищем и крышкой
Центрифуга — автоматическая, фильтрующая	Отделение раствора сульфата титана от кристаллов железного купороса	
Вакуум-выпарная установка	Предназначена для концентрации отфугованного раствора сульфата титана	Аппарат состоит из греющей камеры, сепаратора и циркуляционной трубы

Продолжение таблицы 9.2

Конденсатор смешения (барометрический)	Служит для конденсации пара и дальнейшее смешивание с оборотной водой	Цилиндрический, со сферическими днищем и крышкой
Реактор приготовления анатазных зародышей	Используются для формирования и роста частиц гидратированной двуокиси титана (ГДТ)	Цилиндрический аппарат с коническим днищем и змеевиком, оборудован мешалкой
Реактор гидролиза		Цилиндрический аппарат с коническим днищем, укомплектован паровыми барботерами и мешалкой
Сборник-холодильник для суспензии	Предназначен для охлаждения суспензия ГДТ	Цилиндрический аппарат с коническим днищем, змеевиком и мешалкой
Реактор отбелки		Цилиндрический аппарат с коническим днищем, оборудован паровым барботером и мешалкой
Реактор приготовления пульпы $Al(OH)_3$ (гидроокиси алюминия)		Цилиндрический аппарат с коническим днищем, снабжен барботером и мешалкой
Реактор солеобработки	Обработка составом солевых добавок в зависимости от марки выпускаемого диоксида титана	Цилиндрический аппарат с коническим днищем, снабжен мешалкой
Реактор приготовления титаната натрия (рутилирующих зародышей)		Цилиндрический аппарат с коническим днищем, оборудован змеевиком подогрева, снабжен мешалкой
Реактор пептизации	Нейтрализация суспензии титаната натрия соляной кислотой	Цилиндрический аппарат с коническим днищем, оборудован паровым барботером и мешалкой
Реактор нейтрализации	Для разбавления отфильтрованного титаната натрия химочищенной водой	Цилиндрический аппарат с плоским днищем, снабжен мешалкой
Вакуум-фильтр листовой — рамный. Ванна намывная, ванна промывная	Для фильтрации титаната натрия (рутилирующих зародышей)	
Печь прокалочная		Сварной цилиндрический барабан, вращающийся на трех опорных станциях. Принцип работы — противоточный
Барабан холодильный	Охлаждение прокаленного продукта	Цилиндрический вращающийся барабан
Измельчитель валковый		

Окончание таблицы 9.2

Мельница шаровая мокрого помола		Металлический вращающийся барабан с мелющими керамические телами
Центрифуга классифицирующая		Непрерывного действия, осадительная горизонтальная со шнековой выгрузкой грубой фракции
Реактор поверхностной обработки	Поверхностная обработка минеральными добавками по маркам	Цилиндрический аппарат с плоским днищем, снабжен мешалкой и барботером
Вакуум-фильтр барабанный ячейковый		Оборудован шнековым репульпатором и качающейся рамной мешалкой
Репульпатор	Для репульпации и получения суспензии для дальнейших 3-х стадий фильтрации	Цилиндрический аппарат с плоским днищем, снабжен мешалкой
Установка для сушки (ленточная сушилка)		Оборудована формующим питателем, камерой сгорания, вентиляторами подачи воздуха в камеру и выброса отработанного теплоносителя в атмосферу
Мельница кольцевая пароструйная		Состоит из замкнутой подковообразной размольной камеры с соплами и коллектором пара, вертикальных труб и сепарационной камеры
Поверхностный конденсатор	Служит для утилизации отработанного пара	
Грохот вибрационный	Отсев	

Таблица 9.3 — Перечень природоохранного оборудования производства диоксида титана

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики природоохранного оборудования
Фильтр рукавный	Очистка запыленных отходящих газов	Площадь фильтрации 60,48 м^2
Фильтр рукавный	Очистка запыленных отходящих газов	Площадь фильтрации 168 м^2
Циклон-промыватель	Очистка запыленных отходящих газов	
Фильтр рукавный	предназначен для улавливания пыли титанового сырья	Трехсекционный. Fфильтрации=90 м^2
Пылеулавливающая установка	–	Группа циклонов конической формы. Для улавливания частиц — 0,002 мм

Окончание таблицы 9.3

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики природоохранного оборудования
Брызгоотделитель	Предназначен для отделения парогазовоздушной смеси от уносимых капель из выпарного аппарата	
Сгуститель	Для очистки фильтрационных стоков после фильтрации	
Скруббер	Для снижения температуры и очистки от пыли и триоксида серы	Вертикальный цилиндрический с коническим днищем
Абсорбер контактный тарельчатый	Посредством орошения происходит очистка от пыли и сернистых газов	Цилиндрический трехкамерный аппарат с коническим днищем

9.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при производстве диоксида титана

Нормы расходов материальных и энергетических ресурсов приведены в таблице 9.4.

Таблица 9.4 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве диоксида титана

Наименование	Единицы измерения	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Ильменитовый концентрат: – при работе на Иршанском	100% TiO_2	1161	1233
Серная кислота техническая: – при работе на Иршанском	мнг	4063	4300
Лом стальной (обрезь жести): – при работе на Иршанском	98% Fe	186	199
Древесная мука: – при работе на Иршанском	натура	20	140
Натр едкий очищенный (сода каустическая)	100% NaOH	36,0	41,0
Соляная кислота	100% HCl	9,5	14,5
Калия гидрат окиси или Едкое кали жидкое	100% KOH	3,3	4,2
Олеиновая кислота	натура	0,5	1,1
Трехокись сурьмы	98% Sb_2O_3	1,0	1,0

Окончание таблицы 9.4

Наименование	Единицы измерения	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Сульфат магния $MgSO_4$ x $7H_2O/MgO$		10,5/1,7	14,76/2,4
Алюминий сернокислый	100% Al_2O_3	7,4	14,2
Жидкое стекло	32% SiO_2	30	33
Алюминат натрия	100% Al_2O_3	16	22,4
Алюминиевый порошок	натура	1,55	1,65
Флокулянт	натура	0,40	0,5
Коагулянт	натура	0,0432	0,0918
Триметилолпропан	натура	0,5	8,0
Соляная кислота	100% HCl	10,0	10,0
Натрия полифосфат технический натура/P_2O_5	61,5% P_2O_5	1,8 / 1,08	2,5/1,5
Песок тригидрата оксида алюминия (влажный)	100 % Al_2O_3	1,76	5,3
Кислота серная гидролизная	мнг	250,0	250,0
Электроэнергия	кВт·ч/т	570	632
Газ природный	т.у.т./т	0,518	0,635
Пар среднего давления	Гкал/т	4	5,01

Характеристика выбросов, образующихся при производстве треххлористого бора, приведена в таблице 9.5, сточных вод — в таблице 9.6.

Таблица 9.5 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве диоксида титана

Источники выбросов	Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на 1 т продукции, кг/т		
			Диапазон		Среднее значение
			минимальное значение	максимальное значение	
Производство диоксида титана	Углерода оксид	Сухая и мокрая очистка отходящих газов	0,92	1,05	0,99
	Азота оксид		0,14	0,19	0,16
	Азота диоксид		0,32	1,15	0,73
	Серы диоксид		16,32	18,78	17,55
	Серная кислота		8,03	11,70	9,87
	Взвешенные вещества		2,42	2,94	2,68

Характеристика отходов, образующихся при производстве диоксида титана, приведена в таблице 9.6.

Таблица 9.6 — Отходы, образующиеся при производстве диоксида титана

Наименование	Класс опасности	Источник образования	Способ утилизации, обезвреживания, размещения	Масса образующихся отходов производства в расчете на 1 т продукции, кг/т		
				Диапазон		Среднее значение
				Минимальное значение	Максимальное значение	
Стоки производств диоксида титана и железооксидных пигментов в смеси	4	Производство диоксида титана, железоокисных пигментов и побочных продуктов	Размещение в кислотонакопителе	79528	89482	84505
Отходы вакуумной фильтрации сгущенного раствора сульфатов титана и железа при производстве диоксида титана сульфатным способом (шлам черный)	4	Производство диоксида титана, железоокисных пигментов и побочных продуктов	Размещение на полигоне	120,7	141,0	130,8

Раздел 10 Производство железоокисного пигмента как побочного продукта производства диоксида титана

Пигмент красный железоокисный марки К (сесквиоксид железа, оксид железа (III), химическая формула Fe_2O_3), выпускается промышленностью в виде порошкообразного материала красно-коричневого цвета. Продукт используется в качестве минерального пигмента и наполнителя при производстве лакокрасочных материалов, строительных материалов, резин, кожи, а также в черной металлургии, электротехнике. Сырьем получения красного железоокисного пигмента служит сульфат железа (II) (железный купорос). В данном разделе описано получение железоокисного пигмента в составе производства диоксида титана.

10.1 Описание технологических процессов, используемых в производстве железоокисного пигмента как побочного продукта производства диоксида титана

На российских предприятиях красный железоокисный пигмент получают термическим разложением сульфата железа (II). Технологический процесс производства состоит из следующих основных стадий:

– дозирование;

– синтез;

– мокрая классификация;

– фильтрация;

– прокалка и размол;

– упаковка.

Поточная схема производства железоокисного пигмента приведена на рисунке 10.1.

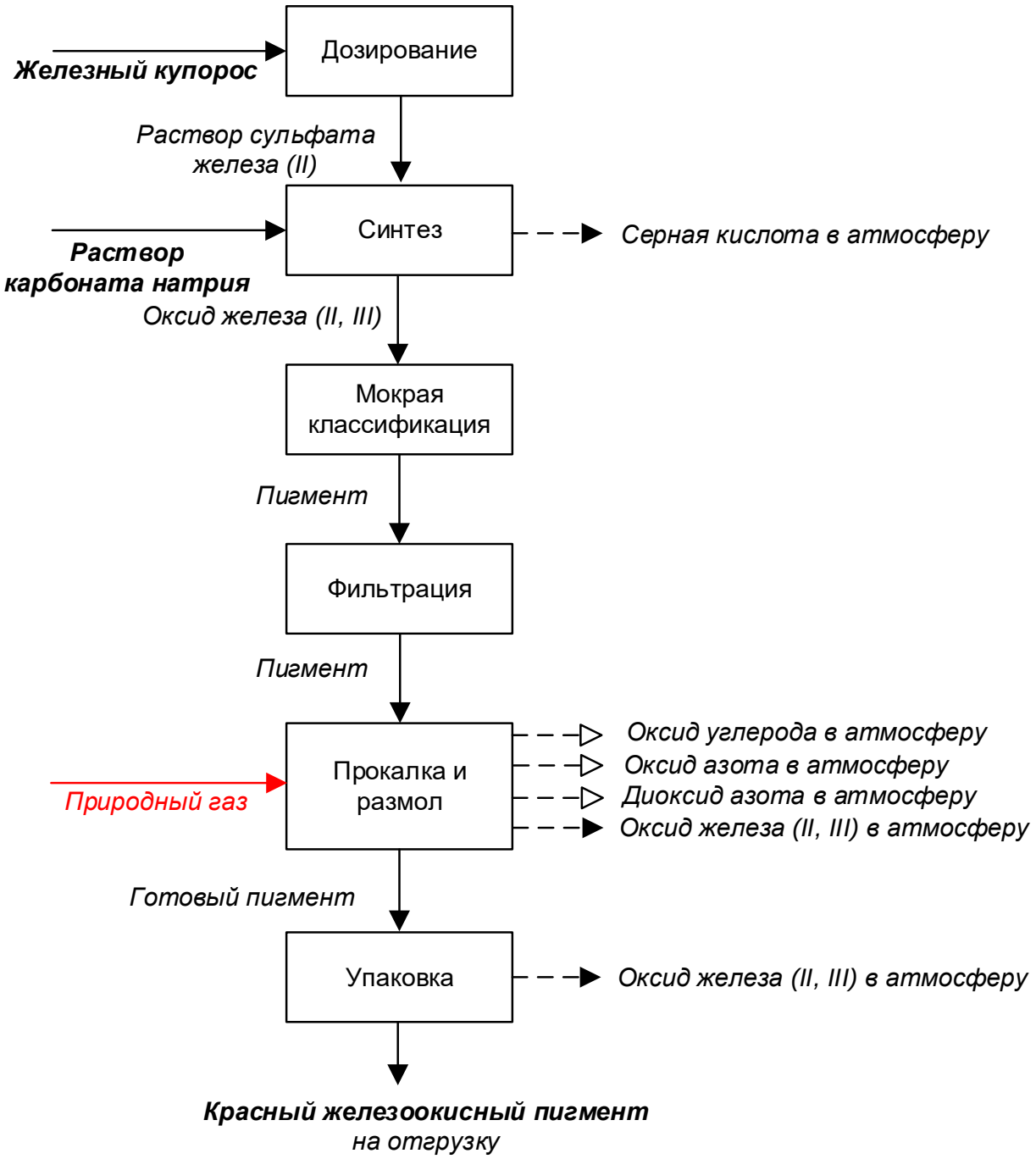


Рисунок 10.1 — Принципиальная схема получения железоокисного пигмента как побочного продукта производства диоксида титана

На стадии дозирования железный купорос растворяют в нагретой воде в аппарате с мешалкой. Полученный раствор направляют на стадию синтеза закиси-окиси железа в присутствии карбоната натрия.

На стадии мокрой классификации пигмент промывают от водорастворимых соединений в сгустителях-декантерах. Пигментную пасту отделяют на стадии фильтрации на барабанном вакуум-фильтре. На стадии прокалки и размола пигмент подвергают термической обработке в прокалочной печи и размалывают в мельницах до достижения необходимой степени диспергирования. Выбросы в атмосферу на стадии

прокаливания очищают с применением абсорбера и циклонов. Готовый красный железоокисный пигмент направляют на упаковку и далее на отгрузку.

Описание технологического процесса приведено в таблице 10.1, перечень основного технологического и природоохранного оборудования — в таблицах 10.2–10.3 соответственно.

Таблица 10.1 — Описание технологического процесса получения железоокисного пигмента как побочного продукта производства диоксида титана

Входной поток	Стадия технологического процесса	Выходной поток		Основное технологическое оборудование	Природоохранное оборудование
		Продукты и полупродукты	Эмиссии		
1	2	3.1	3.2	4	5
Железный купорос	Дозирование	Раствор сульфата железа		Сгуститель-отстойник	
Раствор сульфата железа Раствор карбоната натрия	Синтез	Оксид железа (II, III)	Серная кислота	Реактор с барботёром	
Оксид железа (II, III)	Мокрая классификация	Пигмент		Репульпатор Сгуститель-декантор	
Пигмент	Фильтрация	Пигмент		Барабанный вакуум-фильтр	
Пигмент	Прокалка и размол	Готовый пигмент	Оксид углерода Оксид азота Диоксид азота Оксид железа (II, III)	Прокалочная печь Мельница	Батарейный циклон Абсорбер с кольцевой тарелкой
Готовый пигмент	Упаковка	Красный железооксидный пигмент	Оксид железа (II, III)	Упаковочная линия Бункер	Рукавный фильтр

Таблица 10.2 — Перечень основного оборудования производства железоокисного пигмента как побочного продукта производства диоксида титана

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики технологического оборудования
Аппарат с мешалкой	Получение жидкого купороса	Вертикальный цилиндрический аппарат с плоскими днищем и крышкой, оборудован мешалкой и барботером паровым
Сгуститель-отстойник	–	Вертикальный цилиндрический резервуар с конусообразным днищем, снабжен граблинами
Реактор синтеза	–	Вертикальный цилиндрический аппарат с коническим днищем. Снабжен барботером для подачи воздуха и пара, а также вытяжной трубой для удаления паров реакции
Сгуститель-декантатор	–	Вертикальный цилиндрический аппарат с плоскими днищем и крышкой, снабжен мешалкой
Группа репульпаторов	–	Вертикальный цилиндрический аппарат с плоскими днищем и крышкой, оборудован мешалкой
Группа сгустителей	–	Вертикальный цилиндрический резервуар с конусообразным днищем, снабжен граблинами
Барабанный вакуум фильтр	–	Оборудован ножевым съемом осадка
Сгуститель-усреднитель цилиндрический с коническим днищем, снабжен граблинами	–	Предназначен для отделения пигментной пасты от фильтрата путем фильтрования
Печь прокаливания с топой	–	Цилиндрический барабан, установлен наклонно в сторону выгрузки и опирается с помощью бандажей на роликовые опоры
Мельница центробежная МЦ (дисмембратор)	Для тонкого измельчения	Двухступенчатая со встроенной сепарацией и шнековым питателем

Таблица 10.3 — Перечень природоохранного оборудования производства железоокисного пигмента как побочного продукта производства диоксида титана

Наименование оборудования	Назначение оборудования	Существенные характеристики природоохранного оборудования
Сухой батарейный циклон	Служит для очистки отходящих газов от пыли	6 последовательных циклонов с общим пылесборником, представляет собой цилиндрическую и коническую части. Степень очистки — 60%
Абсорбер контактный тарельчатый	Служит для очистки отходящих газов от пыли	Абсорбер полый цилиндрический аппарат с патрубками для входа и выхода очищаемого газа, снабжен форсунками и кольцевой тарелкой с завихрителем. На выходе установлен каплеотбойник. Степень очистки — 92,7%
Аспирационная установка (рукавный фильтр)	Очистки запыленного воздуха от транспортного оборудования	Поверхность фильтрации— 60 $м^2$. Степень очистки— 97,5%

10.2 Текущие уровни потребления ресурсов и эмиссии в окружающую среду при производстве железоокисного пигмента как побочного продукта производства диоксида титана

Нормы расходов материальных и энергетических ресурсов приведены в таблице 10.4.

Таблица 10.4 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве железоокисного пигмента как побочного продукта производства диоксида титана

Наименование	Единицы измерения	Расход кг на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Железный купорос	100% $FeSO_4$	1957,4	1957,4
Сода кальцинированная, марка Б, сорт 1 или сорт 2	100% Na_2CO_3	1365	1365
Электроэнергия	кВт·ч/т	520	520
Газ природный	т.у.т./т	281	287
Пар среднего давления	Гкал/т	2,6	2,6

Характеристика выбросов, образующихся при производстве железоокисного пигмента, приведена в таблице 10.5.

Таблица 10.5 — Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу при производстве железоокисного пигмента как побочного продукта производства диоксида титана (в пересчете на сумму продуктов: пигмент красный железоокисный, железа (II) сульфат технический, железный купорос технический)

Источники выбросов	Наименование загрязняющего вещества	Метод очистки, обработки, повторного использования	Масса выбросов загрязняющих веществ после очистки в расчете на 1 т продукции, кг/т		
			Диапазон		Среднее значение
			минимальное значение	максимальное значение	
Производство железокислого пигмента	Углерода оксид	Сухая и мокрая очистка отходящих газов	0,0013	0,0021	0,0017
	Азота оксид		0,000048	0,00041	0,00023
	Азота диоксид		0,000048	0,0025	0,00128
	Серная кислота		0,000096	0,00079	0,00044
	Взвешенные вещества		0,046	0,073	0,065
	Железа оксид (III) Fe_2O_3		0,044	0,046	0,045
	Железа сульфат (II) $FeSO_4$		0	0,029	0,0147

Характеристика отходов, образующихся при производстве железоокисного пигмента, приведена в таблице 10.6.

Таблица 10.6 — Отходы, образующиеся при производстве железоокисного пигмента как побочного продукта производства диоксида титана (в пересчете на сумму продуктов: пигмент красный железоокисный, железа (II) сульфат технический, железный купорос технический)

Наименование	Класс опасности	Источник образования	Способ утилизации, обезвреживания, размещения	Масса образующихся отходов производства в расчете на 1 т продукции, кг/т		
				Диапазон		Среднее значение
				Минимальное значение	Максимальное значение	
Стоки производств диоксида титана и железоокисных пигментов в смеси	4	Производство диоксида титана, железоокисных пигментов и побочных продуктов	Размещение в кислотонакопителе	2920	3780	3350

Раздел 11 Определение наилучших доступных технологий

В соответствии со статьей 1 Федерального закона от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» наилучшая доступная технология — технология производства продукции (товаров), выполнения работ, оказания услуг, определяемая на основе современных достижений науки и техники и наилучшего сочетания критериев достижения целей охраны окружающей среды при условии наличия технической возможности ее применениях.

Для понимания концепции НДТ в целом и направлений ее практического применения в России целесообразно привести перечень критериев, в соответствии с которыми следует оценивать, является ли данная технология наилучшей доступной. К числу таких критериев относятся:

– рациональное потребление сырья, материалов и воды (ресурсосбережение);

– обеспечение высокой энергоэффективности;

– применение малоотходных процессов;

– характер и масштаб негативного воздействия на окружающую среду и возможность снижения удельных значений эмиссий, связанных с процессом;

– использование в технологических процессах веществ, в наименьшей степени опасных для человека и окружающей среды, и отказ от особо опасных веществ;

– снижение вероятности аварий;

– возможность регенерации и повторного использования веществ, использующихся в технологических процессах;

– свидетельства предыдущего успешного применения в промышленных масштабах сопоставимых процессов, установок, методов управления;

– сроки ввода в эксплуатацию для новых и существующих установок;

– экономическая приемлемость для отрасли.

В последнее время при выявлении наилучших доступных технологий все большее внимание уделяется системам менеджмента. Так, предприятиям практически всех отраслей настоятельно рекомендовано разрабатывать и внедрять системы экологического менеджмента, а также системы энергетического менеджмента, позволяющие учесть приоритеты охраны окружающей среды и повышения энергоэффективности при планировании и осуществлении деятельности организации. Изменения, внесенные в Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды», заложили основу для широкого практического применения в Российской Федерации наилучших доступных технологий и комплексных экологических разрешений. Для реализации возможностей, которые открываются в результате принятия этих актов, необходимо разработать широкий спектр нормативных документов, информационно-технических справочников, документов по стандартизации и пр. При этом целесообразно наиболее полно учесть отечественный и международный опыт, накопленный промышленными предприятиями и регулирующими органами.

Раздел 12 Наилучшие доступные технологии

В соответствии с Федеральным законом от 21 июля 2014 г. № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон “Об охране окружающей среды” и отдельные законодательные акты Российской Федерации» наилучшая доступная технология — технология производства продукции (товаров), выполнения работ, оказания услуг, определяемая на основе современных достижений науки и техники и наилучшего сочетания критериев достижения целей охраны окружающей среды при условии наличия технической возможности ее применения. При этом к наилучшим доступным технологиям могут быть отнесены как технологические процессы, оборудование, организационные и технические способы, так и другие способы, способствующие защите окружающей среды.

12.1 Системы экологического менеджмента

НДТ 1. Повышение экологической результативности (эффективности) путем внедрения и поддержания системы экологического менеджмента (СЭМ), соответствующей требованиям ГОСТ Р ИСО 14001 [1)] или ISO 14001 [1)], или применение инструментов СЭМ.

12.2 Выбросы в атмосферу

НДТ 2. Минимизация выброса путем применения интенсивного абсорбционного оборудования.

НДТ 3. Использование «сухих» методов очистки отходящих газов от пыли, применение циклонов и рукавных фильтров.

НДТ 4. Предотвращение или снижение неорганизованных выбросов загрязняющих веществ в воздух путем соблюдения требований технологических регламентов и режимов, а также надлежащего технического обслуживания оборудования.

НДТ 5. Мониторинг выбросов маркерных загрязняющих веществ в воздух в соответствии с установленными требованиями.

НДТ 6. Локальные системы аспирации от узлов пересыпок и транспортного оборудования.

НДТ 7. Очистка нитрозного газа методами конденсации, промывки, каталитической очистки.

НДТ 8. Контроль, регулировка и автоматизация стадий технологического процесса, влияющих на образование и выделение загрязняющих веществ (соотношение реагентов, температура, кислотность и др.).

12.3 Оптимизация водопотребления и водоотведения

НДТ 9. Оптимизация процессов водопотребления и организация водооборотных систем.

[1)] Соответствие системы менеджмента указанным стандартам не означает ее обязательную сертификацию.

НДТ 10. Обеспечение надлежащей очистки сточных вод на собственных очистных сооружениях.

НДТ 11. Сброс сточных вод в заводскую канализационную сеть с последующей очисткой на собственных центральных очистных сооружениях.

12.4 Отходы

НДТ 12. Оптимизация системы обращения с отходами в соответствии с установленными требованиями.

12.5 Потребление сырья

НДТ 13. Использование в качестве сырья отработанных катализаторов, уловленной пыли, шламов от зачистки оборудования.

12.6 Энергоэффективность

НДТ 14. Учет методов повышения энергоэффективности, изложенных в ИТС 48.

НДТ 15. Снижение потребления энергоресурсов (тепла или пара) путем использования вторичных энергоресурсов: тепла отходящих газов и низкопотенциального пара.

НДТ 16. Переход на локальную систему обеспечения сжатым воздухом.

НДТ 17. Внедрение частотных регуляторов (насосы, дробилки, мешалки, вентиляторы, барабаны и т. д.).

12.7 Технологические показатели НДТ

Технологические показатели НДТ приведены в таблице 12.1.

Таблица 12.1 — Технологические показатели НДТ

Продукт	Технологический показатель	Единица измерения	Значение, не более
Для атмосферного воздуха			
Цианид натрия	Аммиак	кг/т	0,0826
	Азота диоксид		0,0445
	Азота оксид		0,0611
	Водород цианистый		0,0186
Гидросульфид натрия	Сероводород	кг/т	0,043
	Сероуглерод		0,012
	Серы диоксид		2,72
Алюмоникелевый катализатор	Азота диоксид	кг/т	68,27
	Диалюминий триоксид (в пересчете на алюминий)		70,99

Продолжение таблицы 12.1

Продукт	Технологический показатель	Единица измерения	Значение, не более
Алюмопалладиевый катализатор	Азота диоксид	кг/т	113,07
	Диалюминий триоксид (в пересчете на алюминий)		20,35
Алюмоплатиновый (платино-рениевый) катализатор на основе активного оксида алюминия	Азота диоксид	кг/т	14,66
	Азота оксид		60,06
Никель-вольфрамовый катализатор	Сероводород	кг/т	167,40
	Серы диоксид		4736,64
Сульфокатионитный катализатор	Серная кислота	кг/т	0,00081
Железокалиевый катализатор	Железа оксид	кг/т	1,24
	Дикалий карбонат		0,19
	Магний оксид		0,06
Катализатор «серебро на пемзе»	Азота диоксид	кг/т	416,8
	Аммиак		24,29
Катализатор «палладий на угле»	Азота диоксид	кг/т	974,08
	Углерода оксид		298,11
Алюмоникелькобальтмолибденовый катализатор	Азота диоксид	кг/т	27,60
	Диалюминий триоксид (в пересчете на алюминий)		8,80
Цинкхроммедный катализатор	Азота диоксид	кг/т	70,05
	Углерода оксид		105,62
	Цинк и его соединения		29,95
Алюмоцинкхромовый катализатор	Азота диоксид	кг/т	4,0
	Диалюминий триоксид (в пересчете на алюминий)		7,75
	Цинк и его соединения		13,85
Цинкхромовый катализатор	Азота диоксид	кг/т	15,92
	Цинк и его соединения		11,92
Микросферический алюмохромовый катализатор	Хром (Cr^{6+})	кг/т	0,120
Железохромовый катализатор	Азота диоксид	кг/т	4,06
	Хром (Cr^{6+})		25,47
Цеолитсодержащий катализатор	Азота диоксид	кг/т	7,37
	Диалюминий триоксид (в пересчете на алюминий)		1,24
Хлорид фосфора (III)	Фосфорный ангидрид (дифосфорпента-оксид)	кг/т	0,074
	Фосфор трихлорид (фосфор треххлористый)		0,0023
	Фосфорилхлорид (фосфора хлорокись)		0,00057

Продолжение таблицы 12.1

Продукт	Технологический показатель	Единица измерения	Значение, не более
Пористая и водоустойчивая аммиачная селитра	Аммиачная селитра (аммоний нитрат)	кг/т	1,61
	Аммиак		0,08
Алюминий азотнокислый 9-водный	Азота диоксид	кг/т	0,0776
	Азота оксид		0,0126
	Соли алюминия (в пересчете на алюминий)		0,0453
Железо (II) сернокислое 7-водное	Железо сульфат (в пересчете на железо)	кг/т	0,538
	Серная кислота		0,088
Железо (III) азотнокислое 9-водное	Азота диоксид	кг/т	1,03
	Азота оксид		0,258
	Азотная кислота		0,104
	Дижелезо триоксид (в пересчете на железо)		0,00016
Реактив Несслера	Ртуть (II) оксид, ртуть двуйодистая (в пересчете на ртуть)	кг/т	0,0097
	Натрия гидроксид		0,000707
Кадмия оксид	Кадмий оксид (в пересчете на кадмий)	кг/т	0,912
	Азота диоксид		0,630
	Азота оксид		0,102
	Углерода оксид		2,393
	Серы диоксид		2,188
Кадмий сернокислый	Кадмий сернокислый (в пересчете на кадмий)	кг/т	9,93
	Серная кислота		6,37
Кадмий углекислый	Кадмий оксид (в перерасчете на кадмий)	кг/т	1,920
	Азота диоксид		53,74
	Азота оксид		8,732
	Азотная кислота		149,97
Кадмий хлористый 2,5-водный	Кадмий хлористый (в пересчете на кадмий)	кг/т	0,595
	Кадмий оксид (в пересчете на кадмий)		0,645
	Хлористый водород		10,23
Кобальт азотнокислый 6-водный	Азота диоксид	кг/т	3,97
	Азота оксид		0,574
	Азотная кислота		17,10
	Аммиак		15,36
Кобальт сернокислый 7-водный	Кобальт сульфат (в пересчете на кобальт)	кг/т	0,443
	Серная кислота		25,0

Продолжение таблицы 12.1

Продукт	Технологический показатель	Единица измерения	Значение, не более
Кобальт углекислый основной водный	Кобальт карбонат (в пересчете на кобальт)	кг/т	0,525
	Карбонат натрия (динатрий карбонат)		2,108
Соединения меди (медь (II) азотнокислая 3-водная 45%-ный раствор, медь (I) оксид, медь (II) оксид)	Азота диоксид	кг/т	1,63
	Азота оксид		0,0852
	Углерода оксид		1,53
	Оксид меди (в пересчете на медь)		1,98
Медь (I) хлористая активированная	Хлористый водород	кг/т	0,0545
	Хлорид меди (в пересчете на медь)		0,841
	Кислота уксусная		0,0364
Никель (II) азотнокислый 6-водный	Никель растворимые соли (в перерасчете на никель)	кг/т	0,185
	Азота диоксид		0,385
	Азота оксид		0,0625
Никель (II) амидосульфат 4-водный 55%-ный раствор	Никель растворимые соли (в перерасчете на никель)	кг/т	0,326
	Аминосульфоновая кислота		21,09
Никель (II) оксид	Никель растворимые соли (в перерасчете на никель)	кг/т	1,436
Никель (II) углекислый основной водный	Никель растворимые соли (в перерасчете на никель)	кг/т	3,37
	Динатрий карбонат		0,645
Соединения серебра (серебро азотнокислое, серебро уксуснокислое, серебро сернокислое, серебро йодистое)	Взвешенные вещества	кг/т	7,637
	Углерода оксид		13,295
Цинк азотнокислый 6-водный	Азота диоксид	кг/т	0,0905
	Азота оксид		0,0147
	Нитрат цинка (в пересчете на цинк)		0,411
Жидкость тяжелая М-45	Йод	кг/т	0,11
Железный купорос	Взвешенные вещества	кг/т	0,065
Треххлористый бор	Борная кислота (ортоборная кислота)	кг/т	4,87
	Хлор		0,72
	Хлористый водород		5,5

Окончание таблицы 12.1

Продукт	Технологический показатель	Единица измерения	Значение, не более
	Дихлорфторметан (фреон)		3,46
	Метилен хлористый		4,42
Диоксид титана	Серы диоксид	кг/т	17,5
	Серная кислота	кг/т	10,5
	Взвешенные вещества	кг/т	2,8
Железоокисный пигмент	Взвешенные вещества	кг/т	0,065
Для водных объектов			
Цианид натрия	Цианид-анион	кг/т	0,0188
Алюмоникелевый катализатор	Аммоний-ион	кг/т	3,37
	Нитрат-анион		29,24
	Нитрит-анион		1,035
Алюмопалладиевый катализатор	Аммоний-ион	кг/т	14,71
	Нитрат-анион		340,48
	Нитрит-анион		8,90
Алюмоплатиновый (платино-рение-вый) катализатор на основе актив-ного оксида алюминия	Аммоний-ион	кг/т	0,71
	Нитрат-анион		16,61
	Нитрит-анион		0,38
Никель-вольфрамовый катализатор	Алюминий	кг/т	4,50
	Никель		5,65
	Нитрат-анион		281,34
Сульфокатионитный катализатор	ХПК	кг/т	1,67
Катализатор «палладий на угле»	Нитрат-анион	кг/т	413,43
	Нитрит-анион		40,88
Алюмоникелькобальтмолибденовый катализатор	Аммоний-ион	кг/т	13,18
	Нитрат-анион		307,55
	Нитрит-анион		22,63
Цинкхроммедный катализатор	Аммоний-ион	кг/т	18,27
	Хром шестивалентный		9,51
Алюмоцинкхромовый катализатор	Хром шестивалентный	кг/т	0,85
Цинкхромовый катализатор	Хром шестивалентный	кг/т	0,5833
Микросферический алюмохромовый катализатор	pH	–	7,0–8,5
Железохромовый катализатор	Аммоний-ион	кг/т	15,87
	Хром шестивалентный		9,23
Цеолитсодержащий катализатор	Аммоний-ион	кг/т	35,25
	Нитрат-анион		822,33
	Нитрит-анион		28,99
Хлорид фосфора (III)	Фосфаты (по фосфору)	кг/т	12,72
	Хлорид-анион (хлориды)		19,18
Пористая и водоустойчивая аммиачная селитра	Аммоний-ион Нитрат-анион	кг/т	0,045 0,235
Треххлористый бор	Хлорид-анион	кг/т	16,96

Раздел 13 Перспективные технологии

13.1 Перспективные направления в технологии производства цианида натрия

Существуют запатентованные способы получения цианидов из щелочных растворов и цианистого водорода в реакторе с псевдоожиженным слоем, способ формирования гранулятов цианидов распылительной сушкой, а также способ получения цианидов в модульных установках с головной стадией синтеза цианистого водорода плазмохимическим методом из углеводородов и азота.

13.2 Перспективные направления в технологии производства гидросульфида натрия

Путем интенсификации производства гидросульфида натрия может быть использование многозонного реакторного оборудования.

Путем снижения экологической нагрузки от производства может служить оптимизация абсорбционных колон с использованием более эффективных систем распределения абсорбента, брызгоуловителей, в том числе патронных, а также высокоинтенсивных типов насадок.

13.3 Перспективные направления в технологии производства катализаторов

Снижение доли импортных катализаторов в нефтеперерабатывающей и нефтехимической отраслях промышленности РФ, увеличение глубины переработки нефти, повышение качества светлых нефтепродуктов требуют разработки и внедрения новых отечественных катализаторов.

К таким катализаторам прежде всего относятся:

– катализаторы гидроочистки дизельного топлива, вакуумного дистиллята, бензина каткрекинга;

– катализаторы гидрокрекинга вакуумного дистиллята;

– микросферические катализаторы крекинга;

– катализаторы изодепарафинизации дизельного топлива;

– катализаторы риформинга в движущемся слое;

– катализаторы полимеризации олефинов.

Новейшим подходом к созданию катализаторов является применение нано- и мезоразмерных не стабилизированных носителем каталитически активных частиц в условиях минимальной агломерации в слурри-системах (наногетерогенный катализ). Такие каталитические системы разрабатываются для процессов гидроконверсии тяжелых нефтей и гудронов, гидродеароматизации среднедистиллятных фракций, синтеза Фишера-Тропша.

13.4 Перспективные направления в технологии производства треххлористого фосфора

К перспективным направлениям можно отнести газофазный синтез треххлористого фосфора при температуре около 1800 °С с последующей конденсацией и перегонкой.

13.5 Перспективные направления в технологии производства треххлористого бора

К перспективным направлениям в производстве данного продукта можно отнести разработку технологий, позволяющих перерабатывать твердые отходы хлорирования боросодержащего сырья с получением наностратурированной керамики.

Заключительные положения и рекомендации

При подготовке справочника НДТ были использованы:

– ИТС НДТ 19-2016 «Производство твердых и других неорганических химических веществ»;

– ИТС НДТ 33-2017 «Производство специальных неорганических химикатов»;

– ИТС НДТ 34-2017 «Производство прочих основных неорганических химических веществ»;

– материалы, полученные от российских производителей неорганических химических веществ.

Общее заключение, которое можно сделать в результате подготовки настоящего справочника НДТ, состоит в том, что ведущие отечественные предприятия активно осуществляют внедрение современных технологических процессов и оборудования, разрабатывают и реализуют программы повышения энергоэффективности и экологической безопасности производства, ресурсосбережения.

Приложение А
(обязательное)

Перечень маркерных веществ и технологических показателей

Таблица А.1 — Перечень маркерных веществ

Наименование производства	Маркерные вещества	
	в выбросах	в сбросах
Производство цианистого натрия	Аммиак Азота диоксид Азота оксид Водород цианистый	Цианид-анион
Производство гидросульфида натрия	Сероводород Сероуглерод Серы диоксид	
Производство алюмоникелевого катализатора	Азота диоксид Диалюминий триоксид (в пересчете на алюминий)	Аммоний-ион Нитрат-анион Нитрит-анион
Производство алюмопалладиевого катализатора	Азота диоксид Диалюминий триоксид (в пересчете на алюминий)	Аммоний-ион Нитрат-анион Нитрит-анион
Производство алюмоплатинового (платино-рениевого) катализатора	Азота диоксид Азота оксид	Аммоний-ион Нитрат-анион Нитрит-анион
Производство никель-вольфрамового катализатора	Сероводород Серы диоксид	Алюминий Никель Нитрат-анион
Производство сульфокатионитного катализатора	Серная кислота	ХПК
Производство железокалиевого катализатора	Железа оксид Дикалий карбонат Магний оксид	–
Производство катализатора «серебро на пемзе»	Азота диоксид Аммиак	–
Производство катализатора «палладий на угле»	Азота диоксид Углерода оксид	Нитрат-анион Нитрит-анион
Производство алюмоникелькобальтмолибденового катализатора	Азота диоксид Диалюминий триоксид (в пересчете на алюминий)	Аммоний-ион Нитрат-анион Нитрит-анион
Производство цинкхроммедного катализатора	Азота диоксид Углерода оксид Цинк и его соединения	Аммоний-ион Хром шестивалентный

Продолжение таблицы А.1

Наименование производства	Маркерные вещества	
	в выбросах	в сбросах
Производство алюмоцинкхромового катализатора	Азота диоксид Диалюминий триоксид (в пересчете на алюминий) Цинк и его соединения	Хром шестивалентный
Производство цинкхромового катализатора	Азота диоксид Цинк и его соединения	Хром шестивалентный
Производство железохромового катализатора	Азота диоксид Хром (Cr^{6+})	Аммоний-ион Хром шестивалентный
Производство микросферического алюмохромового катализатора	Хром (Cr^{6+})	pH
Производство цеолитсодержащего катализатора	Азота диоксид Диалюминий триоксид (в пересчете на алюминий)	Аммоний-ион Нитрат-анион Нитрит-анион
Производство хлорида фосфора (III)	Фосфорный ангидрид (дифосфорпента-оксид) Фосфор трихлорид (фосфор треххлористый) Фосфорилхлорид (фосфора хлорокись)	Фосфаты (по фосфору) Хлорид-анион (хлориды)
Производство пористой и водоустойчивой аммиачной селитры	Аммиачная селитра (аммоний нитрат) Аммиак	Аммоний-ион Нитрат-анион
Алюминий азотнокислый 9-водный	Азота диоксид Азота оксид Соли алюминия (в пересчете на алюминий)	–
Железо (II) сернокислое 7-водное	Железо сульфат (в пересчете на железо) Серная кислота	–
Железо (III) азотнокислое 9-водное	Азота диоксид Азота оксид Азотная кислота Дижелезо триоксид (в пересчете на железо)	–
Реактив Несслера	Ртуть (II) оксид, ртуть двуйодистая (в пересчете на ртуть) Натрия гидроксид	–

Продолжение таблицы А.1

Наименование производства	Маркерные вещества	
	в выбросах	в сбросах
Кадмия оксид	Кадмий оксид (в пересчете на кадмий) Азота диоксид Азота оксид Углерода оксид Серы диоксид	–
Кадмий сернокислый	Кадмий сернокислый (в пересчете на кадмий) Серная кислота	–
Кадмий углекислый	Кадмий оксид (в перерасчете на кадмий) Азота диоксид Азота оксид Азотная кислотак	–
Кадмий хлористый 2,5-водный	Кадмий хлористый (в пересчете на кадмий) Кадмий оксид (в пересчете на кадмий) Хлористый водород	–
Кобальт азотнокислый 6-водный	Азота диоксид Азота оксид Азотная кислота Аммиак	–
Кобальт сернокислый 7-водный	Кобальт сульфат (в пересчете на кобальт) Серная кислота	–
Кобальт углекислый основной водный	Кобальт карбонат (в пересчете на кобальт) Карбонат натрия (динатрий карбонат)	–
Соединения меди (медь (II) азотнокислая 3-водная 45%-ный раствор, медь (I) оксид, медь (II) оксид)	Азота диоксид Азота оксид Углерода оксид Оксид меди (в пересчете на медь)	–
Медь (I) хлористая активированная	Хлористый водород Хлорид меди (в пересчете на медь) Кислота уксусная	–
Никель (II) азотнокислый 6-водный	Никель растворимые соли (в перерасчете на никель) Азота диоксид Азота оксид	–

Окончание таблицы А.1

Наименование производства	Маркерные вещества	
	в выбросах	в сбросах
Никель (II) амидосульфат 4-водный 55%-ный раствор	Никель растворимые соли (в перерасчете на никель) Аминосульфоновая кислота	–
Никель (II) оксид	Никель растворимые соли (в перерасчете на никель)	–
Никель (II) углекислый основной водный	Никель растворимые соли (в перерасчете на никель) Карбонат натрия (динатрий карбонат)	–
Соединения серебра (серебро азотнокислое, серебро уксуснокислое, серебро сернокислое, серебро йодистое)	Взвешенные вещества Углерода оксид	–
Цинк азотнокислый 6-водный	Азота диоксид Азота оксид Нитрат цинка (в пересчете на цинк)	–
Производство жидкости тяжелой М-45	Йод	–
Железный купорос	Взвешенные вещества	–
Треххлористый бор	Борная кислота (ортоборная кислота) Хлор Хлористый водород Дихлорфторметан (фреон 21) Метилен хлористый	Хлорид-анион (хлориды)
Диоксид титана	Серы диоксид Серная кислота Взвешенные вещества	–
Железоокисный пигмент	Взвешенные вещества	–

Таблица А.2 — Технологические показатели НДТ

Продукт	Технологический показатель	Единица измерения	Значение, не более
Для атмосферного воздуха			
Цианид натрия	Аммиак	кг/т	0,0826
	Азота диоксид		0,0445
	Азота оксид		0,0611
	Водород цианистый		0,0186
Гидросульфид натрия	Сероводород	кг/т	0,043
	Сероуглерод		0,012
	Серы диоксид		2,72
Алюмоникелевый катализатор	Азота диоксид	кг/т	68,27
	Диалюминий триоксид (в пересчете на алюминий)		70,99
Алюмопалладиевый катализатор	Азота диоксид	кг/т	113,07
	Диалюминий триоксид (в пересчете на алюминий)		20,35
Алюмоплатиновый (платино-рениевый) катализатор на основе активного оксида алюминия	Азота диоксид	кг/т	14,66
	Азота оксид		60,06
Никель-вольфрамовый катализатор	Сероводород	кг/т	167,40
	Серы диоксид		4736,64
Сульфокатионитный катализатор	Серная кислота	кг/т	0,00081
Железокалиевый катализатор	Железа оксид	кг/т	1,24
	Дикалий карбонат		0,19
	Магний оксид		0,06
Катализатор «серебро на пемзе»	Азота диоксид	кг/т	416,8
	Аммиак		24,29
Катализатор «палладий на угле»	Азота диоксид	кг/т	974,08
	Углерода оксид		298,11
Алюмоникелькобальтмолибденовый катализатор	Азота диоксид	кг/т	27,60
	Диалюминий триоксид (в пересчете на алюминий)		8,80
Цинкхроммедный катализатор	Азота диоксид	кг/т	70,05
	Углерода оксид		105,62
	Цинк и его соединения		29,95
Алюмоцинкхромовый катализатор	Азота диоксид	кг/т	4,0
	Диалюминий триоксид (в пересчете на алюминий)		7,75
	Цинк и его соединения		13,85
Цинкхромовый катализатор	Азота диоксид	кг/т	15,92
	Цинк и его соединения		11,92

Продолжение таблицы А.2

Продукт	Технологический показатель	Единица измерения	Значение, не более
Микросферический алюмохромовый катализатор	Хром (Cr^{6+})	кг/т	0,120
Железохромовый катализатор	Азота диоксид	кг/т	4,06
	Хром (Cr^{6+})		25,47
Цеолитсодержащий катализатор	Азота диоксид	кг/т	7,37
	Диалюминий триоксид (в пересчете на алюминий)		1,24
Хлорид фосфора (III)	Фосфорный ангидрид (дифосфорпента-оксид)	кг/т	0,074
	Фосфор трихлорид (фосфор треххлористый)		0,0023
	Фосфорилхлорид (фосфора хлорокись)		0,00057
Пористая и водоустойчивая аммиачная селитра	Аммиачная селитра (аммоний нитрат)	кг/т	1,61
	Аммиак		0,08
Алюминий азотнокислый 9-водный	Азота диоксид	кг/т	0,0776
	Азота оксид		0,0126
	Соли алюминия (в пересчете на алюминий)		0,0453
Железо (II) сернокислое 7-водное	Железо сульфат (в пересчете на железо)	кг/т	0,538
	Серная кислота		0,088
Железо (III) азотнокислое 9-водное	Азота диоксид	кг/т	1,03
	Азота оксид		0,258
	Азотная кислота		0,104
	Дижелезо триоксид (в пересчете на железо)		0,00016
Реактив Несслера	Ртуть (II) оксид, ртуть двуйодистая (в пересчете на ртуть)	кг/т	0,0097
	Натрия гидроксид		0,000707
Кадмия оксид	Кадмий оксид (в пересчете на кадмий)	кг/т	0,912
	Азота диоксид		0,630
	Азота оксид		0,102
	Углерода оксид		2,393
	3,4-Бензпирен		0,00000328
Кадмий сернокислый	Кадмий сернокислый (в пересчете на кадмий)	кг/т	9,93
	Серная кислота		6,37
	Серы диоксид		48,87

Продолжение таблицы А.2

Продукт	Технологический показатель	Единица измерения	Значение, не более
Кадмий углекислый	Кадмий оксид (в пересчете на кадмий)	кг/т	1,920
	Азота диоксид		53,74
	Азота оксид		8,732
	Азотная кислота		149,97
	Аммиак		33,58
Кадмий хлористый 2,5-водный	Кадмий хлористый (в пересчете на кадмий)	кг/т	0,595
	Кадмий оксид (в пересчете на кадмий)		0,645
	Хлористый водород		10,23
Кобальт азотнокислый 6-водный	Азота диоксид	кг/т	3,97
	Азота оксид		0,574
	Азотная кислота		17,10
	Аммиак		15,36
Кобальт сернокислый 7-водный	Кобальт сульфат (в пересчете на кобальт)	кг/т	0,443
	Серная кислота		25,0
Кобальт углекислый основной водный	Кобальт карбонат (в пересчете на кобальт)	кг/т	0,525
	Карбонат натрия (динатрий карбонат)		2,108
Соединения меди (медь (II) азотнокислая 3-водная 45%-ный раствор, медь (I) оксид, медь (II) оксид)	Азота диоксид	кг/т	1,63
	Азота оксид		0,0852
	Углерода оксид		1,53
	Оксид меди (в пересчете на медь)		1,98
Медь (I) хлористая активированная	Хлористый водород	кг/т	0,0545
	Хлорид меди (в пересчете на медь)		0,841
	Кислота уксусная		0,0364
Никель (II) азотнокислый 6-водный	Никель растворимые соли (в перерасчете на никель)	кг/т	0,185
	Азота диоксид		0,385
	Азота оксид		0,0625
Никель (II) амидосульфат 4-водный 55%-ный раствор	Никель растворимые соли (в перерасчете на никель)	кг/т	0,326
	Аминосульфоновая кислота		21,09
Никель (II) оксид	Никель растворимые соли (в перерасчете на никель)	кг/т	1,436

Продолжение таблицы А.2

Продукт	Технологический показатель	Единица измерения	Значение, не более
Никель (II) углекислый основной водный	Никель растворимые соли (в перерасчете на никель)	кг/т	3,37
	Карбонат натрия (динатрий карбонат)		0,645
Соединения серебра (серебро азотнокислое, серебро уксуснокислое, серебро сернокислое, серебро йодистое)	Взвешенные вещества	кг/т	7,637
	Углерода оксид		13,295
Цинк азотнокислый 6-водный	Азота диоксид	кг/т	0,0905
	Азота оксид		0,0147
	Нитрат цинка (в пересчете на цинк)		0,411
Жидкость тяжелая М-45	Йод	кг/т	0,11
Железный купорос	Взвешенные вещества	кг/т	0,065
Треххлористый бор	Борная кислота (ортоборная кислота)	кг/т	4,87
	Хлор		0,72
	Хлористый водород		5,5
	Дихлорфторметан (фреон 21)		3,46
	Метилен хлористый		4,42
Диоксид титана	Серы диоксид	кг/т	17,5
	Серная кислота	кг/т	10,5
	Взвешенные вещества	кг/т	2,8
Железоокисный пигмент	Взвешенные вещества	кг/т	0,065
Для водных объектов			
Цианид натрия	Цианид-анион	кг/т	0,0188
Алюмоникелевый катализатор	Аммоний-ион	кг/т	3,37
	Нитрат-анион		29,24
	Нитрит-анион		1,035
Алюмопалладиевый катализатор	Аммоний-ион	кг/т	14,71
	Нитрат-анион		340,48
	Нитрит-анион		8,90
Алюмоплатиновый (платино-рениевый) катализатор на основе активного оксида алюминия	Аммоний-ион	кг/т	0,71
	Нитрат-анион		16,61
	Нитрит-анион		0,38
Никель-вольфрамовый катализатор	Алюминий	кг/т	4,50
	Никель		5,65
	Нитрат-анион		281,34
Сульфокатионитный катализатор	ХПК	кг/т	1,67
Катализатор «палладий на угле»	Нитрат-анион	кг/т	413,43
	Нитрит-анион		40,88

Окончание таблицы А.2

Продукт	Технологический показатель	Единица измерения	Значение, не более
Алюмоникелькобальтмолибденовый катализатор	Аммоний-ион	кг/т	13,18
	Нитрат-анион		307,55
	Нитрит-анион		22,63
Цинкхроммедный катализатор	Аммоний-ион	кг/т	18,27
	Хром шестивалентный		9,51
Алюмоцинкхромовый катализатор	Хром шестивалентный	кг/т	0,85
Цинкхромовый катализатор	Хром шестивалентный	кг/т	0,5833
Микросферический алюмохромовый катализатор	pH	–	7,0–8,5
Железохромовый катализатор	Аммоний-ион	кг/т	15,87
	Хром шестивалентный		9,23
Цеолитсодержащий катализатор	Аммоний-ион	кг/т	35,25
	Нитрат-анион		822,33
	Нитрит-анион		28,99
Хлорид фосфора (III)	Фосфаты (по фосфору)	кг/т	12,72
	Хлорид-анион (хлориды)		19,18
Пористая и водоустойчивая аммиачная селитра	Аммоний-ион	кг/т	0,045
	Нитрат-анион		0,235
Треххлористый бор	Хлорид-анион	кг/т	16,96

Приложение Б
(обязательное)

Перечень НДТ

Таблица Б.1 — Перечень НДТ

Номер НДТ	Наименование НДТ
НДТ 1	Повышение экологической результативности (эффективности) путем внедрения и поддержания системы экологического менеджмента (СЭМ), соответствующей требованиям ГОСТ Р ИСО 14001 [2)] или ISO 14001 [1)], или применение инструментов СЭМ
НДТ 2	Минимизация выброса путем применения интенсивного абсорбционного оборудования
НДТ 3	Использование «сухих» методов очистки отходящих газов от пыли, применение циклонов и рукавных фильтров
НДТ 4	Предотвращение или снижение неорганизованных выбросов загрязняющих веществ в воздух путем соблюдения требований технологических регламентов и режимов, а также надлежащего технического обслуживания оборудования
НДТ 5	Мониторинг выбросов маркерных загрязняющих веществ в воздух в соответствии с установленными требованиями
НДТ 6	Локальные системы аспирации от узлов пересыпок и транспортного оборудования
НДТ 7	Очистка нитрозного газа методами конденсации, промывки, каталитической очистки
НДТ 8	Контроль, регулировка и автоматизация стадий технологического процесса, влияющих на образование и выделение загрязняющих веществ (соотношение реагентов, температура, кислотность и др.)
НДТ 9	Оптимизация процессов водопотребления и организация водооборотных систем
НДТ 10	Обеспечение надлежащей очистки сточных вод на собственных очистных сооружениях
НДТ 11	Сброс сточных вод в заводскую канализационную сеть с последующей очисткой на собственных центральных очистных сооружениях
НДТ 12	Оптимизация системы обращения с отходами в соответствии с установленными требованиями
НДТ 13	Использование в качестве сырья отработанных катализаторов, уловленной пыли, шламов от зачистки оборудования
НДТ 14	Учет методов повышения энергоэффективности, изложенных в ИТС 48
НДТ 15	Снижение потребления энергоресурсов (тепла или пара) путем использования вторичных энергоресурсов: тепла отходящих газов и низкопотенциального пара
НДТ 16	Переход на локальную систему обеспечения сжатым воздухом
НДТ 17	Внедрение частотных регуляторов (насосы, дробилки, мешалки, вентиляторы, барабаны и т. д.)

[2)] Соответствие системы менеджмента указанным стандартам не означает ее обязательную сертификацию.

Приложение В
(обязательное)

Ресурсная и энергетическая эффективность

В.1 Краткая характеристика отрасли с точки зрения ресурсо- и энергопотребления

Промышленность по производству неорганических химических веществ характеризуется высоким энергопотреблением. При этом значительная часть от общего потребления энергетических ресурсов расходуется на производство.

Основными направлениями развития отрасли являются снижение расходных коэффициентов сырья и энергоресурсов, в том числе снижение потребления электроэнергии и использование вторичных энергоресурсов.

В.2 Основные технологические процессы, связанные с использованием энергии

Технологические процессы, связанные с производством цианистого натрия, гидросульфида натрия, катализаторов, треххлористого фосфора, пористой селитры, технических солей и реактивов, треххлористого бора, диоксида титана, железоокисного пигмента, описаны в соответствующих разделах справочника НДТ.

В.3 Уровни потребления энергии и сырьевых материалов

Информация об уровнях потребления основных видов ресурсов и энергии при производстве цианистого натрия, гидросульфида натрия, катализаторов, треххлористого фосфора, пористой селитры, технических солей и реактивов, треххлористого бора, диоксида титана, железоокисного пигмента приведена в таблицах В.1–В.51 соответственно.

Таблица В.1 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве цианида натрия

Наименование ресурсов	Единица измерения	Расход	
		Минимальный	Максимальный
Натр едкий	кг/т	824	829
Синильная кислота	кг/т	554	555
Электрическая энергия	кВт·ч/т	249	335
Тепловая энергия	Гкал/т	1,35	1,86
Природный газ	$м^3$/т	39	40

Таблица В.2 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве гидросульфида натрия

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Раствор гидроксида натрия (в пересчете на едкий натр 100%)	кг/т	–	729,7
Сероводород	кг/т	–	610,0
Вода техническая	кг/т	–	805,2
Электроэнергия	кВт·час/т	–	38,1
Пар	Гкал/т	–	0,19
Вода оборотная	$м^3$/т	–	10,81
Азот	н.$м^3$/т	–	36,93
Воздух сжатый	н.$м^3$/т	–	14,04
Газ природный	тыс. н.$м^3$/т	–	9,28

Таблица В.3 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве алюмоникелевых катализаторов конверсии метана и углеводородных газов

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Глинозем металлургический Г-00	т/т	-	1,02
Каолин обогащенный	т/т	-	0,04
Кислота азотная неконцентрированная (в пересчете на 100%)	т/т	-	0,151
Мука древесная	т/т	-	0,08
Графит	т/т/т	-	0,03
Магний азотнокислый	т	-	0,055
Натр едкий технический (в пересчете на 100%)	т/т	-	0,249
Алюминий азотнокислый	т/т	-	0,12
Калий азотнокислый	т/т	-	0,085
Никель азотнокислый	т/т	-	0,285
Газ сухой для коммунально-бытового потребления	т/т	-	0,936
Промышленная вода	куб. м/т	-	240
Пар 4,5 кгс/$см^2$	Гкал/т	-	15
Электроэнергия	тыс. кВт·ч/т	-	6,56

Таблица В.4 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве алюмопалладиевых катализаторов

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Палладий (в пересчете на 100%)	г/т	1900	2300
Лантан нитрат 6-водный	т/т	–	0,012
Натр едкий (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,226
Графит	т/т	–	0,063
Глинозем металлургический Г-00	т/т	–	1,05
Кислота азотная неконцентрированная (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,329
Натрий уксуснокислый 3-водный	т/т	–	0,008
Песок тригидрата оксида алюминия (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,12
Аммиак водный технический (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,001
Газ сухой для коммунально-бытового потребления	т/т	–	1,328
Воздух сжатый осушенный	куб.м /т	–	30,412
Промышленная вода	куб.м/т	–	229
Хим.очищенная вода	т/т	–	34
Пар 4,5 кгс/см^2	Гкал/т	–	4,5
Электроэнергия	тыс. кВт·ч/т	–	8,18

Таблица В.5 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве алюмоплатиновых (платино-рениевых) катализаторов на основе активного оксида алюминия

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Кристаллогидрат платинохлористоводородной кислоты в пересчете на 100% Pt	г/т	2950	3350
Кислота рениевая в пересчете на 100% Re в пересчете на 100%	г/т	3150	3550
Гидроксид алюминия PURAL SB в пересчете на 100% Al_2O_3	т/т	–	1,124
Кислота серная «ХЧ»	т/т	–	0,004
Цирконил азотнокислый в пересчете на 100% Zr	т/т	–	0,0032
Кислота уксусная «ХЧ»	т/т	–	0,036
Кислота соляная «ХЧ»	т/т	–	0,038
Кислота щавелевая «Ч»	т/т	–	0,001
Перекись водорода	т/т	–	0,007
Газ сухой для коммунально-бытового потребления	т/т	–	1,759
Воздух сжатый осушенный	тыс. куб.м/т	–	87,77
Промышленная вода	куб.м/т	–	62
Хим. очищенная вода	т/т	–	32
Пар 4,5 кгс/см^2	Гкал/т	–	35,1
Электроэнергия	тыс. кВт·ч/т	–	8,404

Таблица В.6 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве никель-вольфрам-сульфидных катализаторов с добавкой оксида алюминия

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Ангидрид вольфрамовый	т/т	–	0,39
Аммиак водный технический марка «А» (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,002
Песок тригидрата оксида алюминия (в пересчете на прокаленный Al_2O_3)	т/т	–	0,40
Натр едкий технический марки (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,50
Кислота азотная неконцентрированная (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,78
Графит элементный	т/т	–	0,020
Двуокись углерода твердая	т/т	–	0,025
Никель азотнокислый 6-водный	т/т	–	1
Сода кальцинированная техническая	т/т	–	0,42
Газ сероводородсодержащий	т/т	–	2,69
Газ сухой для коммунально-бытового потребления	т/т	–	3,34
Воздух сжатый осушенный	тыс. $м^3$/т	–	42
Промышленная вода	$м^3$/т	–	292
Хим.очищенная вода	т/т	–	97
Пар 4,5 кгс/$см^2$	Гкал/т	–	33
Электроэнергия	тыс. кВт·ч/т	–	6,83
Азот газообразный	$тм^3$/т	–	6,78

Таблица В.7— Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве сульфокатионитных катализаторов

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Полипропилен	кг/т	–	720
Смола катионит	кг/т	–	280
Теплоэнергия	Гкал/т	–	6,69
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	1497
Вода осветленная	тыс. м3/т	–	0,241

Таблица В.8— Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве железокалиевых катализаторов

Наименование	Единицы измерения	Расход на 1 т катализатора	
		минимальный	максимальный
Компоненты для приготовления катализатора	т/т	1356,81	1392,13
Теплоэнергия	Гкал/т	–	20
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	6000
Вода оборотная	тыс. м3/т	–	36

Таблица В.9 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве катализаторов «серебро на пемзе»

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Пемза кусковая	кг/т	–	633
Азотная кислота, 47 %	кг/т	–	800
Соляная кислота «ХЧ»	кг/т	–	474
Азотнокислое серебро	кг/т	–	744,3
Пар	Гкал/т	–	3,23
Электроэнергия	кВт·ч/т	—	75 000

Таблица В.10 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве катализаторов «палладий на угле»

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Палладий металлический (в пересчете на 100%)	г/т	18 434	20 434
Уголь активный рекуперационный	т/т	–	1,12
Кислота азотная	т/т	–	0,19
Кислота соляная	т/т	–	0,001
Натр едкий (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,025
Водород технический	т/т	–	2,40
Азот газообразный	тм^3/т	–	30,40
Газ сухой для коммунально-бытового потребления	т/т	–	5,46
Воздух сжатый осушенный	тыс. м^3/т	–	0,15
Промышленная вода	м^3/т	–	302
Хим.очищенная вода	т/т	–	0,030
Пар 4,5 кгс/см^2	Гкал/т	–	12
Электроэнергия	тыс. кВт·ч/т	–	2,16

Таблица В.11 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве алюмоникелькобальтмолибденовых катализаторов

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Песок тригидрата оксида алюминия (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,9
Аммиак водный технический (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,008
Лантан нитрат 6-водный	т/т	–	0,035
Кислота борная	т/т	–	0,019
Кислота азотная неконцентрированная (в пересчете на 100%)	т/т	–	1,9
Натр едкий технический (в пересчете на 100%)	т/т	–	1,34
Аммоний молибденовокислый	т/т	–	0,15

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минималь-ный	максимальный
Кислота ортофосфорная	т/т	–	0,075

Окончание таблицы В.11

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минималь-ный	максимальный
Кобальт азотнокислый или	т/т	–	0,13
Никель азотнокислый 6-водный	т/т	–	0,13
Газ сухой для коммунально-бытового потребления	т/т	–	1,8
Воздух сжатый осушенный	тыс.м^3/т	–	27,55
Промышленная вода	м^3/т	–	463
Хим.очищенная вода	т/т	–	177
Пар 4,5 кгс/см^2	Гкал/т	–	23
Электроэнергия	тыс. кВт·ч/т	–	6,345

Таблица В.12— Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве цинкхроммедных катализаторов

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минималь-ный	максималь-ный
Песок тригидрата оксида алюминия (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,054
Натр едкий технический (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,074
Аммиак водный технический (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,0002
Кислота азотная неконцентрированная (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,114
Белила цинковые	т/т	–	0,624
Марганец углекислый	т/т	–	0,034
Оксид магния	т/т	–	0,021
Ангидрид хромовый технический	т/т	–	0,361
Медь углекислая основная	т/т	–	0,209
Графит элементный	т/т	–	0,035
Азот газообразный	тм^3/т	–	53
Водород технический	т/т	–	0,71
Газ сухой для коммунально-бытового потребления	т/т	–	0,846
Воздух сжатый осушенный	тыс. м^3/т	–	7,91
Промышленная вода	м^3/т	–	159
Хим. очищенная вода	т/т	–	11
Пар 4,5 кгс/см^2	Гкал/т	–	25
Электроэнергия	тыс. кВт·ч/т	–	9,52

Таблица В.13 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве алюмоцинкхромовых катализаторов

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Песок тригидрата оксида алюминия (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,104
Аммиак водный технический (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,0004
Натр едкий технический (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,143
Белила цинковые	т/т	–	0,571
Ангидрид хромовый технический	т/т	–	0,357
Кислота азотная неконцентрированная (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,219
Газ сухой для коммунально-бытового потребления	т/т	–	0,17
Воздух сжатый осушенный	тыс. $м^3$/т	–	357
Промышленная вода	$м^3$/т	–	104
Хим.очищенная вода	т/т	–	20
Пар 4,5 $кгс/см^2$	Гкал/т	–	9
Электроэнергия	тыс. кВт·ч/т	–	5,162

Таблица В.14 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве цинкхромовых катализаторов

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Аммоний вольфрамовокислый	т/т	–	0,001
Ангидрид хромовый технический	т/т	–	0,358
Белила цинковые	т/т	–	0,63
Графит	т/т	–	0,016
Промышленная вода	$м^3$/т	–	20
Электроэнергия	тыс. кВт·ч/т	–	0,82

Таблица В.15 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве микросферических алюмохромовых катализаторов

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Гидроксид алюминия	т/т	–	2,837
Ангидрид хромовый	т/т	–	0,279
Калий углекислый	т/т	–	0,050
Электроэнергия	тыс. кВт·ч/т	5,12	5,30
Теплоэнергия	Гкал/т	4,34	4,60
Оборотная вода	$м^3$/т	504	539
Химобессоленная вода	$м^3$/т	179	221

Таблица В.16 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве железохромовых катализаторов

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Аммиак водный технический (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,062
Купорос железный технический	т/т	–	3,544
Кислота серная техническая	т/т	–	0,013
Сода кальцинированная техническая	т/т	–	1,418
Ангидрид хромовый технический	т/т	–	0,106
Графит элементный	т/т	–	0,035
Медь углекислая основная	т/т	–	0,035
Марганец углекислый основной	т/т	–	0,004
Газ сухой для коммунально-бытового потребления	т/т	–	0,377
Воздух сжатый осушенный	тыс. $м^3$/т	–	10,764
Промышленная вода	$м^3$/т	–	440
Пар 4,5 кгс/$см^2$	Гкал/т	–	26
Электроэнергия	тыс. кВт·ч/т	–	6,93

Таблица В.17 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве цеолитсодержащих катализаторов

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Песок тригидрата оксида алюминия (в пересчете на прокаленный Al_2O_3)	т/т	–	0,355
Натр едкий технический (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,56
Аммиак водный технический (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,001
Кислота азотная неконцентрированная (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,765
Цеолит ЦВМ (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,742
Аммоний молибденовокислый	т/т	–	0,1
Кислота борная	т/т	–	0,07
Газ сухой для коммунально-бытового потребления	т/т	–	0,51
Воздух сжатый осушенный	тыс. $м^3$/т	–	1,2
Промышленная вода	$м^3$/т	–	211
Хим. очищенная вода	т/т	–	70
Пар 4,5 кгс/$см^2$	Гкал/т	–	33
Электроэнергия	тыс. кВт·ч/т	–	9,45

Таблица В.18 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве катализаторов каталитического крекинга, катализаторов гидроочистки дизельного топлива и вакуумного газойля, катализаторов гидрокрекинга вакуумного газойля, реактивированных катализаторов гидроочистки в составе единого комплекса

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Азотнокислый раствор редкоземельных элементов	т/т	–	0,070
Аммиак жидкий технический ГОСТ 6221-90 (99,6% масс.)	т/т	–	0,033
Кислота азотная с массовой концентрацией 56%	т/т	–	0,074
Соль поваренная пищевая с массовой концентрацией хлористого натрия не менее 97,7%	т/т	–	0,0036
Сухая глина бентонитова /Каолин КАХ-1	т/т	–	0,23
Силикат натрия растворимый для катализаторов (доля SiO2 73,7% масс.)	т/т	–	0,53
Гидроксид алюминия термодиспергированный Гидроксид алюминия термоактивированный MITALOX TA измельченный до среднего размера частиц 0,5–20 мкм	т/т	–	0,51
Серная кислота техническая с массовой концентрацией моногидрата не менее 92,5%	т/т	–	0,29
Натр едкий технический с концентрацией не менее 44%	т/т	–	0,080
Азотнокислый магний шестиводный (доля 6-водного нитрата магния 98%масс.)	т/т	–	0,097
Азотнокислый марганец (доля 6-водного нитрата марганца 98% масс.)	т/т	–	0,0024
Аммиачная селитра доля аммонийного азота в пересчете на азот в сухом веществе, 34 %	т/т	–	0,12
Порошок цеолита типа ZSM-5, порошок цеолита ZSM-5 (с учетом влаги до 55%)	т/т	–	0,0053
Порошок цеолита типа цеолит Y, БЕТА, ZSM-23 (с учетом влаги до 15%)	т/т	–	0,015
Полиэтиленгликоль, массовая доля 98%, / диэтиленгликоль	т/т	–	0,021
Парамолибдат аммония, массовая доля оксида молибдена 78%	т/т	–	0,044
Карбонат никеля с массовой долей никеля 42–48% масс.	т/т	–	0,0054
Лимонная кислота 99,5% масс.	т/т	–	0,05
Паравольфрамат аммония	т/т	–	0,012
Гидроксид кобальта, массовая доля кобальта 61,5%	т/т	–	0,010
Борная кислота, массовая доля 99,6%, ГОСТ 18704-78	т/т	–	0,012
Водяной пар низкого давления (Р=0,6МПа, Т=170 °С)	т/т	1,74	2,99
Водяной пар среднего давления (Р=1,5МПа, Т=201 °С)	т/т	5,41	7,14
Природный газ	нм^3/т	5219	5608
Речная вода	м^3/т	80	134
Электроэнергия	тыс. кВт·ч/т	3,20	4,28

Таблица В.19 — Показатели потребления сырья, материальных и энергетических ресурсов при производстве треххлористого фосфора

Наименование ресурсов	Единицы измерения	Расход на 1 т продукции	
		Минимальный	Максимальный
Фосфор желтый	кг/т	230	—
Хлор	кг/т	802	—
Известковое молоко	кг/т	71,94	—
Натр едкий (технический)	кг/т	5	—
Электроэнергия	кВт·ч/т	52	62
Тепловая энергия	Гкал/т	0,36	0,46
Оборотная вода	$м^3$/т	105	135
Техническая вода (речная)	$м^3$/т	6	7
Воздух сжатый осушенный	$нм^3$/т	2,4	—

Таблица В.20 — Показатели потребления сырья, материальных и энергетических ресурсов при производстве пористой аммиачной селитры

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Аммиак (100% NH_3)	кг/т	213	215
Кислота азотная неконцентрированная (100% HNO_3)	кг/т	787	795
Электроэнергия	кВт·ч/т	24,6	43,0
Пар	Гкал/т	0,08	0,165

Таблица В.21 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве водоустойчивой аммиачной селитры

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Аммиак газообразный (100% NH_3)	кг/т	–	215
Кислота азотная неконцентрированная (100% HNO_3)	кг/т	–	794
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	24,7
Пар	Гкал/т	–	0,167

Таблица В.22 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве алюминия азотнокислого 9-водного

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Песок тригидрата оксида алюминия (влажный) в перерасчете на алюминий тригидрат оксид	кг/т	–	233,8 210,9
Кислота азотная неконцентрированная	кг/т	–	964,6
Сода кальцинированная техническая	кг/т	–	5,4
Вода обессоленная	$м^3$/т	–	0,45
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	688
Пар	Гкал/т	–	9,4

Таблица В.23 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве висмута (III) хромовокислого основного водного

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Висмут	кг/т	–	708,2
Бихромат калия технический	кг/т	–	440
Кислота азотная неконцентрированная	кг/т	–	1996
Бумага фильтровальная	кг/т	–	18,2
Бязь	м/т	–	7,8
Ткань хлориновая,	м/т	–	5
Вода обессоленная	$м^3$/т	–	27,8
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	516
Пар	Гкал/т	–	29

Таблица В.24 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве железа (II) сернокислого 7-водного

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Купорос железный технический	кг/т	–	683
Кислота серная техническая	кг/т	–	9
Сода кальцинированная техническая	кг/т	–	92
Пар	Гкал/т	–	8
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	1060
Вода обессоленная	$м^3$/т	–	5

Таблица В.25 –Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве железа (III) азотнокислого 9-водного

Наименование	Единицы измерения	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Железо в виде отходов из стали	кг/т	–	142
Кислота азотная неконцентрированная с. в.	кг/т	–	1050
Сода кальцинированная техническая	кг/т	–	38
Фильтродиагональ	м/т	–	0,5
Полотно лавсановое	м/т	–	0,5
Пар	Гкал/т	–	8,3
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	1532
Вода обессоленная	$м^3$/т	–	1

Таблица В.26 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве соли Мора

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Железо (II) сернокислое 7-водное, ч. д. а.	кг/т	–	742
Аммоний сернокислый, ч. д. а.	кг/т	–	356
Кислота серная реактивная	кг/т	–	5
Спирт этиловый технический	$дм^3$/т	–	50
Сода кальцинированная техническая	кг/т	–	30,4
Пар	Гкал	–	4
Электроэнергия	кВт·ч	–	1831
Вода обессоленная	$м^3$	–	3,5

Таблица В.27 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов в производстве реактива Несслера

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Натр едкий технический	кг/т	–	105,5
Калий йодистый	кг/т	–	51,5
Ртуть (II) окись	кг/т	–	16,9
Натрий сернистый технический (натрия сульфид)	кг/т	–	0,6394
Кислота серная техническая	кг/т	–	0,7
Кислота уксусная	кг/т	–	1,1
Вода обессоленная	$м^3$/т	–	0,9
Бязь	м/т	–	0,6
Фильтродиагональ	м/т	–	0,5
Бумага фильтровальная	кг/т	–	0,7
Клей Na-КМЦ	кг/т	–	0,3
Полотно нетканое	м/т	–	0,3
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	329
Пар	Гкал/т	–	0,0596

Таблица В.28 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве кадмия оксида

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Кадмий	кг/т	–	887
Кислота азотная неконцентрированная	кг/т	–	2,2
Уголь активный древесный дробленый	кг/т	–	0,02
Натр едкий технический чешуированный	кг/т	–	1,2
Бязь	м/т	–	0,0104
Полотно фильтровальное	м/т	–	0,0299
Стеклоткань	м/т	–	0,0104
Вода техническая	$м^3$/т	–	0,149
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	1456
Пар	Гкал/т	–	0,119
Газ природный	$нм^3$/т	–	28

Таблица В.29 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве кадмия сернокислого

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Кадмия оксид	кг/т	–	506,1
Водорода перекись техн.	кг/т	–	4,5
Кислота серная контактная улучшен. техн.	кг/т	–	407,1
Кислота серная, ч	кг/т	–	10
Уголь активный древесный дробленый	кг/т	–	0,23
Диметилглиоксим, ч	кг/т	–	0,01
Натр едкий технический чешуированный	кг/т	–	13,2
Бязь	м/т	–	2
Ткань бельтинг	м/т	–	0,167
Полотно фильтровальное	м/т	–	0,7
Бумага фильтровальная	кг/т	–	0,7
Хром (IV) оксид	кг/т	–	0,133
Уголь активный осветляющий древесный порошкообразный	кг/т	–	0,133
Тепловая энергия (пар)	Гкал/т	–	22
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	992
Вода обессоленная	$м^3$/т	–	2,67

Таблица В.30 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве кадмия углекислого

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Кадмия оксид	кг/т	–	542,6
Водорода перекись техн.	кг/т	–	5,5
Кислота азотная неконцентрированная	кг/т	–	987,4
Соли углеаммонийные	кг/т	–	744,6
Уголь активный древесный дробленый	кг/т	–	0,48
Барий азотнокислый техн.	кг/т	–	1,2
Натр едкий технический чешуированный	кг/т	–	16
Бязь	м/т	–	3,6
Ткань бельтинг	м/т	–	3
Полотно фильтровальное	м/т	–	0,4
Бумага фильтровальная	кг/т	–	3
Тепловая энергия (пар)	Гкал/т	–	6,2
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	904
Вода техническая	$м^3$/т	–	10,2

Таблица В.31 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве кадмия хлористого 2,5-водного

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Кадмия оксид	кг/т	576,6	576,6
Водорода перекись техн.	кг/т	4,20	4,20
Кислота соляная, техн.	кг/т	963	963
Кислота соляная, ч	кг/т	20	20
Уголь активный древесный дробленый	кг/т	0,510	0,510
Диметилглиоксим, ч	кг/т	0,00980	0,00980
Натр едкий технический чешуированный	кг/т	39,7	39,7
Бязь	м/т	2,745	2,745
Ткань бельтинг	м/т	0,314	0,314
Полотно фильтровальное	кг/т	3,922	3,922
Бумага фильтровальная	кг/т	13,53	13,53
Барий хлорид двухводный	кг/т	0,0294	0,0294
Уголь активный осветляющий древесный порошкообразный	кг/т	0,0980	0,0980
Тепловая энергия (пар)	Гкал/т	22,94	22,94
Электроэнергия	кВт·ч/т	2821,96	2821,96
Вода обессоленная	$м^3$/т	2,608	2,608

Таблица В.32 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве кобальта азотнокислого 6-водного

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Кобальт	кг/т	–	208
Кислота азотная неконцентрированная	кг/т	–	946,25
Сода кальцинированная техническая	кг/т	–	69,25
Бязь	м/т	–	0,625
Фильтродиагональ	м/т	–	0,3
Ткань фильтровальная лавсановая	м/т	–	0,5
Бумага фильтровальная	кг/т	–	3
Барий азотнокислый	кг/т	–	1
Кислота фтористоводородная	кг/т	–	1
Тепловая энергия (пар)	Гкал/т	–	8,25
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	405
Вода обессоленная	$м^3$/т	–	1

Таблица В.33— Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве кобальта сернокислого 7-водного

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Кобальт гидроксид карбонат паста п/ф Со-25,9%	кг/т	–	220,27
Кислота серная техн.	кг/т	–	380,9
Сода кальцинированная техн.	кг/т	–	116
Бумага фильтровальная	кг/т	–	10
Бязь	м/т	–	1,545
Ткань фильтровальная лавсановая	м/т	–	0,909
Бельтинг	м/т	–	1,545
Тепловая энергия (пар)	Гкал/т	–	5,909
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	2557,27
Вода обессоленная	$м^3$/т	–	1

Таблица В.34 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве кобальта углекислого основного водного

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Кобальт (II) азотнокислый раствор	кг/т	–	2603
Сода кальцинированная техн.	кг/т	–	500
Бязь	м/т	–	0,75
Фильтродиагональ	м/т	–	0,25
Ткань фильтровальная лавсановая	м/т	–	0,25
Тепловая энергия (пар)	Гкал	–	20
Электроэнергия	кВт·ч	–	1603
Вода обессоленная	$м^3$	–	16

Таблица В.35 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве меди (II) азотнокислой 3-водной 45%-ного раствора

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Медь и сплавы на медной основе. Лом и кусковые отходы	кг/т	–	273
Кислота азотная неконцентрированная	кг/т	–	1242
Бязь	м/т	–	0,300
Лавсановое полотно	м/т	–	0,800
Бумага фильтровальная	кг/т	–	1,900
Пар	Гкал/т	–	0,589
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	124,0
Вода обессоленная	$м^3$/т	–	0,6994

Таблица В.36 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве меди (I) оксида

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Порошок медный электролитический	кг/т	–	924,7
Уголь активный древесный дробленый	кг/т	–	0,5
Кислота соляная синтетическая техн.	кг/т	–	28
Натр едкий технический	кг/т	–	6
Клей КМЦ	кг/т	–	0,2
Проволока медная d=2 мм	кг/т	–	0,5
Пар	Гкал/т	–	0,2075
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	3295
Вода техн.	$м^3$/т	–	1

Таблица В.37 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве меди (II) оксида

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Медь (II) оксид порошкообразный			
Порошок медный электролитический	кг/т	–	828,5
Натр едкий техн.	кг/т	–	0,201
Уголь активный древесный дробленый	кг/т	–	0,0195
Проволока медная d=2 мм	кг/т	–	0,318
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	1661
Медь (II) оксид проволока			
Проволока медная круглая электротехническая	кг/т	–	888
Проволока медная d=2 мм	кг/т	–	1
Сетка латунная № 2,5	$м^2$/т	–	0,333

Окончание таблицы В.37

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	22418
Медь (II) оксид гранулированная			
Порошок медный электролитический	кг	–	535,36
Медь (II) оксид порошкообразный	кг	–	470,27
Проволока медная d=2 мм	кг	–	0,3636
Сетка гладкая № 2,8/5,0	$м^2$	–	0,1818
Электроэнергия	кВт·ч	–	8321
Вода обессоленная	$м^3$	–	0,136

Таблица В.38 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве меди (I) хлорида

Наименование	Единицы измерения	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Порошок медный электролитический	кг/т	–	658
Кислота соляная синтетическая техн.	кг/т	–	1133
Кислота уксусная	кг/т	–	175
Натрия гидроокись ч. д. а.	кг/т	–	153,82
Уголь активный древесный дробленый	кг/т	–	6
Бязь	м/т	–	3
Полотно лавсановое	м/т	–	2,529
Медь (I) сульфид	кг/т	–	25,59
Олово (II) хлорид 2-водное	кг/т	–	11,66
Пар	Гкал/т	–	11,12
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	3140
Вода техн.	$м^3$/т	–	1,294
Вода обессоленная	$м^3$/т	–	0,235

Таблица В.39 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве никеля азотнокислого 6-водного

Наименование	Единицы измерения	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Никель металлический	кг	–	205,1
Кислота азотная неконцентрированная	кг	–	919,42
Сода кальцинированная техн.	кг	–	27,04
Бязь	м	–	0,3139
Фильтродиагональ	м	–	0,04484
Нетканое полотно	м	–	0,2242
Бумага фильтровальная	кг	–	0,628
Пар	Гкал	–	8,296
Электроэнергия	кВт·ч	–	400
Вода обессоленная	$м^3$	–	0,4036

Таблица В.40 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве 55%-ного раствора никеля (II) амидосульфата 4-водного

Наименование	Единицы измерения	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Никель металлический	кг	–	187,6
Кислота азотная неконцентрированная, в. с.	кг	–	838,6
Сода кальцинированная техн.	кг	–	378,6
Кислота сульфаминовая м.А, с. в.	кг	–	638,6
Бязь	м	–	3
Фильтродиагональ	м	–	0,5714
Бумага фильтровальная	кг	–	2,714
Пар	Гкал	–	20
Электроэнергия	кВт·ч	–	1578,6
Вода обессоленная	$м^3$	–	15,714

Таблица В.41 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве никеля оксида

Наименование	Единицы измерения	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Никель металлический	кг	–	831,1
Кислота азотная неконцентрированная	кг	–	3695,78
Бария гидроокись 8-водная	кг	–	7,778
Сода кальцинированная техн.	кг	–	1687,89
Бязь	м	–	2,667
Нетканое полотно	м	–	0,778
Фильтродиагональ	м	–	2,667
Бумага фильтровальная	кг	–	16,667
Пар	Гкал	–	104
Электроэнергия	кВт·ч	–	12444,4
Вода обессоленная	$м^3$	–	61,1
Паровой конденсат	$м^3$	–	1,1

Таблица В.42 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве никеля углекислого основного водного

Наименование	Единицы измерения	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Никель металлический	кг	–	488
Кислота азотная неконцентрированная, в. с.	кг	–	2180,5
Сода кальцинированная техн.	кг	–	990,5
Бязь	м	–	1,5
Фильтродиагональ	м	–	1,5
Нетканое полотно	м	–	0,5
Бумага фильтровальная	кг	–	5,5

Окончание таблицы В.42

Наименование	Единицы измерения	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Пар	Гкал	–	47
Электроэнергия	кВт·ч	–	5599
Вода обессоленная	$м^3$	–	25

Таблица В.43 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве серебра азотнокислого

Наименование	Единицы измерения	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Серебро	кг	–	644,3
Кислота азотная, ч	кг	–	700,1
Кислота азотная неконцентрированная	кг	–	237,97
Сода кальцинированная техн.	кг	–	13,11
Калий едкий бедный хлором	кг	–	1,351
Бязь	м	–	2,027
Ткань фильтровальная лавсановая	м	–	1,486
Бумага фильтровальная	кг	–	4,05
Вода обессоленная	$м^3$	–	2,70
Электроэнергия	кВт·ч	–	3824,3
Пар	Гкал	–	19,19

Таблица В.44 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве серебра сернокислого

Наименование	Единицы измерения	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Серебро	кг	–	785,7
Кислота соляная синтетическая техн.	кг	–	128,57
Кислота азотная неконцентрированная, в. с.	кг	–	1085,7
Сода кальцинированная техн.	кг	–	928,57
Калий едкий бедный хлором	кг	–	2,14
Бязь	м	–	2,14
Ткань фильтровальная лавсановая	м	–	1,429
Бумага фильтровальная	кг	–	4,286
Кислота серная	кг	–	350
Спирт этиловый техн.	$дм^3$	–	60
Пар	Гкал	–	17,86
Электроэнергия	кВт/ч	–	4785,7
Вода обессоленная	$м^3$	–	5

Таблица В.45 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве серебра уксуснокислого

Наименование	Единицы измерения	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Серебро	кг	–	750
Кислота соляная синтетическая техн.	кг	–	125
Кислота азотная неконцентрированная, в. с.	кг	–	1175
Сода кальцинированная техн.	кг	–	800
Калий едкий бедный хлором	кг	–	5
Бязь	м	–	2,5
Ткань фильтровальная лавсановая	м	–	2,5
Бумага фильтровальная	кг	–	2,5
Спирт этиловый техн.	$дм^3$	–	275
Натрий уксуснокислый 3-водный	кг	–	1025
Пар	Гкал	–	125
Электроэнергия	кВт/ч	–	11175
вода обессоленная	$м^3$	–	12,5

Таблица В.46 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве серебра йодистого

Наименование	Единицы измерения	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Кислота соляная синтетическая техническая	кг	–	465
Кислота азотная неконцентрированная, в. с.	кг	–	650
Сода кальцинированная техн.	кг	–	75
Бязь	м	–	5
Ткань фильтровальная лавсановая	м	–	5
Бумага фильтровальная	кг	–	5
Спирт этиловый техн.	дм3	–	60
Калий йодистый	кг	–	800
Пар	Гкал	–	5
Электроэнергия	кВт/ч	–	3850
вода обессоленная	м3	–	25

Таблица В.47 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве цинка азотнокислого 6-водного

Наименование	Единицы измерения	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Цинк металлический	кг	–	212,1
Кислота азотная неконцентрированная с. в	кг	–	960
Сода кальцинированная техн.	кг	–	20
Бумага фильтровальная	кг	–	8
Бязь	п.м	–	1,5

Окончание таблицы В.47

Наименование	Единицы измерения	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Полотно лавсановое	м	–	2
Вода обессоленная	м3	–	0,700
Вода техн.	м3	–	0,139
Электроэнергия	кВт·ч	–	700
Пар	Гкал	–	10

Таблица В.48 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве жидкости тяжелой М-45

Наименование	Единицы измерения	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Барий йодистый 2-водный,	кг	–	1416,2
Йод техн.	кг	–	829,7
Кадмий гранулированный п/ф; ч	кг	–	356,8
Кислота йодистоводородная, ч	кг	–	1,35
Бумага фильтровальная лабораторная	кг	–	49,2
Бязь	м	–	24,6
Бумага оберточная	кг	–	29,7
Бельтинг «ф»	м	–	1,6
Вода обессоленная	$м^3$	–	13,5
Вода техн.	$м^3$	–	13,5
Электроэнергия	кВт·ч	–	1135,1
Пар	Гкал	–	35,1

Таблица В.49— Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве железного купороса как побочного продукта производства диоксида титана

Наименование	Единицы измерения	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Железный купорос (натура)	кг/т	1116,0	1134,0
Мел	кг/т	17,5	17,5
Электроэнергия	кВт·ч	39,5	39,5
Воздух сжатый осушенный	$нм^3$	18,1	18,1
Пар среднего давления	Гкал/т	0,3	0,3
Вода техн.	$м^3$	0,95	0,95

Таблица В.50— Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве диоксида титана

Наименование	Единицы измерения	Расход кг на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Ильменитовый концентрат: – при работе на Иршанском	100% TiO_2	1161	1233
Серная кислота техническая: – при работе на Иршанском	мнг	4063	4300
Лом стальной (обрезь жести): – при работе на Иршанском	98% Fe	186	199
Древесная мука: – при работе на Иршанском	натура	20	140
Натр едкий очищенный (сода каустическая)	100% NaOH	36,0	41,0
Соляная кислота	100% HCl	9,5	14,5
Калия гидрат окиси или Едкое кали жидкое	100% KOH	3,3	4,2
Олеиновая кислота	натура	0,5	1,1
Трехокись сурьмы	98% Sb_2O_3	1,0	1,0
Сульфат магния $MgSO_4$ x $7H_2O$ / MgO		10,5/1,7	14,76/2,4
Алюминий сернокислый	100% Al_2O_3	7,4	14,2
Жидкое стекло	32% SiO_2	30	33
Алюминат натрия	100% Al_2O_3	16	22,4
Алюминиевый порошок	натура	1,55	1,65
Флокулянт	натура	0,40	0,5
Коагулянт	натура	0,0432	0,0918
Триметилолпропан	натура	0,5	8,0
Соляная кислота	100% HCl	10,0	10,0
Натрия полифосфат техн. натура / P_2O_5	61,5% P_2O_5	1,8 / 1,08	2,5/1,5
Песок тригидрата оксида алюминия (влажный)	100 % Al_2O_3	1,76	5,3
Кислота серная гидролизная	мнг	250,0	250,0
Электроэнергия	кВт·ч/т	570	632
Газ природный	т.у.т./т	0,518	0,635
Пар среднего давления	Гкал/т	4	5,01

Таблица В.51 — Показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве железоокисного пигмента как побочного продукта производства диоксида титана

Наименование	Единицы измерения	Расход кг на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Железный купорос	100% $FeSO_4$	1957,4	1957,4
Сода кальцинированная марка	100% Na_2CO_3	1365	1365
Электроэнергия	кВт·ч/т	520	520
Газ природный	т.у.т./т	281	287
Пар среднего давления	Гкал/т	2,6	2,6

В.4 Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности, оптимизацию и сокращение ресурсопотребления

Таблица В.52 — Наилучшие доступные технологии, направленные на повышение энергоэффективности, оптимизацию и сокращение ресурсопотребления

Номер НДТ	Наименование НДТ
НДТ 14	Учет методов повышения энергоэффективности, изложенных в ИТС 48
НДТ 15	Снижение потребления энергоресурсов (тепла или пара) путем использования вторичных энергоресурсов: тепла отходящих газов и низкопотенциального пара
НДТ 16	Переход на локальную систему обеспечения сжатым воздухом
НДТ 17	Внедрение частотных регуляторов (насосы, дробилки, мешалки, вентиляторы, барабаны и т. д.)

В.5 Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности

Информация об уровнях потребления основных видов ресурсов и энергии при производстве цианистого натрия, гидросульфида натрия, катализаторов, треххлористого фосфора, пористой селитры, технических солей и реактивов, треххлористого бора, диоксида титана, железоокисного пигмента приведена в таблицах В.53–В.103 соответственно.

Таблица В.53 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве цианида натрия

Наименование ресурсов	Единица измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Натр едкий	кг/т	824	829
Синильная кислота	кг/т	554	555
Электрическая энергия	кВт·ч/т	249	335
Тепловая энергия	Гкал/т	1,35	1,86
Природный газ	м3/т	39	40

Таблица В.54 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве гидросульфида натрия

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Раствор гидроксида натрия (в пересчете на едкий натр 100%)	кг/т	–	729,7
Сероводород	кг/т	–	610,0
Электроэнергия	кВт·час/т	–	38,1
Пар	Гкал/т	–	0,19
Вода оборотная	$м^3$/т	–	10,81
Газ природный	тыс. $н.м^3$/т	–	9,28

Таблица В.55 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве алюмоникелевых катализаторов конверсии метана и углеводородных газов

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Глинозем металлургический Г-00	т/т	–	1,02
Кислота азотная неконцентрированная (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,151
Магний азотнокислый	т	–	0,055
Алюминий азотнокислый	т/т	–	0,12
Никель азотнокислый	т/т	–	0,285
Газ сухой для коммунально-бытового потребления	т/т	–	0,936
Промышленная вода	куб. м/т	–	240
Пар 4,5 $кгс/см^2$	Гкал/т	–	15
Электроэнергия	тыс. кВт·ч/т	–	6,56

Таблица В.56 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве алюмопалладиевых катализаторов

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Палладий (в пересчете на 100%)	г/т	1900	2300
Лантан нитрат 6-водный	т/т	–	0,012
Глинозем металлургический Г-00	т/т	–	1,05
Кислота азотная неконцентрированная (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,329
Песок тригидрата оксида алюминия (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,12
Газ сухой для коммунально-бытового потребления	т/т	–	1,328
Промышленная вода	куб.м/т	–	229
Хим. очищенная вода	т/т	–	34
Пар 4,5 кгс/см^2	Гкал/т	–	4,5
Электроэнергия	тыс. кВт·ч/т	–	8,18

Таблица В.57 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве алюмоплатиновых (платино-рениевых) катализаторов на основе активного оксида алюминия

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Кристаллогидрат платинохлористоводородной кислоты в пересчете на 100% Pt	г/т	2950	3350
Кислота рениевая в пересчете на 100% Re в пересчете на 100%	г/т	3150	3550
Гидроксид алюминия PURAL SB в пересчете на 100% Al_2O_3	т/т	–	1,124
Перекись водорода	т/т	–	0,007
Промышленная вода	куб.м/т	–	62
Хим. очищенная вода	т/т	–	32
Пар 4,5 кгс/см^2	Гкал/т	–	35,1
Электроэнергия	тыс. кВт·ч/т	–	8,404

Таблица В.58 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве никель-вольфрам-сульфидных катализаторов с добавкой оксида алюминия

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Ангидрид вольфрамовый	т/т	–	0,39
Песок тригидрата оксида алюминия (в пересчете на прокаленный Al_2O_3)	т/т	–	0,40
Натр едкий техн. марки (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,50

Окончание таблицы В.58

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Кислота азотная неконцентрированная (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,78
Никель азотнокислый 6-водный	т/т	–	1
Сода кальцинированная техническая	т/т	–	0,42
Газ сероводородсодержащий	т/т	–	2,69
Газ сухой для коммунально-бытового потребления	т/т	–	3,34
Промышленная вода	$м^3$/т	–	292
Хим. очищенная вода	т/т	–	97
Пар 4,5 кгс/$см^2$	Гкал/т	–	33
Электроэнергия	тыс. кВт·ч/т	–	6,83

Таблица В.59 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве сульфокатионитных катализаторов

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Полипропилен	кг/т	–	720
Смола катионит	кг/т	–	280
Теплоэнергия	Гкал/т	–	6,69
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	1497
Вода осветленная	тыс. $м^3$/т	–	0,241

Таблица В.60 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве железокалиевых катализаторов

Наименование	Единицы измерения	Расход на 1 т катализатора	
		минимальный	максимальный
Компоненты для приготовления катализатора	т/т	1356,81	1392,13
Теплоэнергия	Гкал/т	–	20
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	6000
Вода оборотная	тыс. $м^3$/т	–	36

Таблица В.61 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве катализаторов «серебро на пемзе»

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Пемза кусковая	кг/т	–	633
Азотная кислота, 47 %	кг/т	–	800
Соляная кислота «ХЧ»	кг/т	–	474
Азотнокислое серебро	кг/т	–	744,3
Пар	Гкал/т	–	3,23

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Электроэнергия	кВт·ч/т	—	75 000

Таблица В.62 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве катализаторов «палладий на угле»

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Палладий металлический (в пересчете на 100%)	г/т	18 434	20 434
Уголь активный рекуперационный	т/т	–	1,12
Кислота азотная	т/т	–	0,19
Водород техн.	т/т	–	2,40
Газ сухой для коммунально-бытового потребления	т/т	–	5,46
Промышленная вода	$м^3$/т	–	302
Хим. очищенная вода	т/т	–	0,030
Пар 4,5 кгс/$см^2$	Гкал/т	–	12
Электроэнергия	тыс. кВт·ч/т	–	2,16

Таблица В.63 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве алюмоникелькобальтмолибденовых катализаторов

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Песок тригидрата оксида алюминия (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,9
Лантан нитрат 6-водный	т/т	–	0,035
Кислота азотная неконцентрированная (в пересчете на 100%)	т/т	–	1,9
Аммоний молибденовокислый	т/т	–	0,15
Кобальт азотнокислый или	т/т	–	0,13
Никель азотнокислый 6-водный	т/т	–	0,13
Газ сухой для коммунально-бытового потребления	т/т	–	1,8
Промышленная вода	$м^3$/т	–	463
Хим. очищенная вода	т/т	–	177
Пар 4,5 кгс/$см^2$	Гкал/т	–	23
Электроэнергия	тыс. кВт·ч/т	–	6,345

Таблица В.64— Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве цинкхроммедных катализаторов

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Песок тригидрата оксида алюминия (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,054

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Кислота азотная неконцентрированная (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,114
Белила цинковые	т/т	–	0,624
Ангидрид хромовый техн.	т/т	–	0,361
Медь углекислая основная	т/т	–	0,209

Окончание таблицы В.64

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Водород техн.	т/т	–	0,71
Газ сухой для коммунально-бытового потребления	т/т	–	0,846
Промышленная вода	$м^3$/т	–	159
Хим. очищенная вода	т/т	–	11
Пар 4,5 кгс/$см^2$	Гкал/т	–	25
Электроэнергия	тыс. кВт·ч/т	–	9,52

Таблица В.65 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве алюмоцинкхромовых катализаторов

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Песок тригидрата оксида алюминия (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,104
Натр едкий технический (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,143
Белила цинковые	т/т	–	0,571
Ангидрид хромовый технический	т/т	–	0,357
Кислота азотная неконцентрированная (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,219
Газ сухой для коммунально-бытового потребления	т/т	–	0,17
Промышленная вода	$м^3$/т	–	104
Хим. очищенная вода	т/т	–	20
Пар 4,5 кгс/$см^2$	Гкал/т	–	9
Электроэнергия	тыс. кВт·ч/т	–	5,162

Таблица В.66 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве цинкхромовых катализаторов

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Ангидрид хромовый техн.	т/т	–	0,358
Белила цинковые	т/т	–	0,63
Графит	т/т	–	0,016

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Промышленная вода	$м^3$/т	–	20
Электроэнергия	тыс. кВт·ч/т	–	0,82

Таблица В.67 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве микросферических алюмохромовых катализаторов

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Гидроксид алюминия	т/т	–	2,837
Ангидрид хромовый	т/т	–	0,279
Электроэнергия	тыс. кВт·ч/т	5,12	5,30
Теплоэнергия	Гкал/т	4,34	4,60
Оборотная вода	$м^3$/т	504	539
Химобессоленая вода	$м^3$/т	179	221

Таблица В.68 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве железохромовых катализаторов

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Купорос железный технический	т/т	–	3,544
Сода кальцинированная техн.	т/т	–	1,418
Ангидрид хромовый техн.	т/т	–	0,106
Газ сухой для коммунально-бытового потребления	т/т	–	0,377
Промышленная вода	$м^3$/т	–	440
Пар 4,5 кгс/$см^2$	Гкал/т	–	26
Электроэнергия	тыс. кВт·ч/т	–	6,93

Таблица В.69 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве цеолитсодержащих катализаторов

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Песок тригидрата оксида алюминия (в пересчете на прокаленный Al_2O_3)	т/т	–	0,355
Кислота азотная неконцентрированная (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,765
Цеолит ЦВМ (в пересчете на 100%)	т/т	–	0,742
Аммоний молибденовокислый	т/т	–	0,1
Газ сухой для коммунально-бытового потребления	т/т	–	0,51
Промышленная вода	$м^3$/т	–	211
Хим. очищенная вода	т/т	–	70
Пар 4,5 кгс/$см^2$	Гкал/т	–	33
Электроэнергия	тыс. кВт·ч/т	–	9,45

Таблица В.70 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве катализаторов каталитического крекинга, катализаторов гидроочистки дизельного топлива и вакуумного газойля, катализаторов гидрокрекинга вакуумного газойля, реактивированных катализаторов гидроочистки в составе единого комплекса

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Азотнокислый раствор редкоземельных элементов	т/т	–	0,070
Сухая глина бентонитовая /Каолин КАХ-1	т/т	–	0,23
Силикат натрия растворимый для катализаторов (доля SiO_2 73,7% масс.)	т/т	–	0,53
Гидроксид алюминия термодиспергированный Гидроксид алюминия термоактивированный MITALOX TA измельченный до среднего размера частиц 0,5-20 мкм	т/т	–	0,51
Серная кислота техн. с массовой концентрацией моногидрата не менее 92,5%	т/т	–	0,29
Азотнокислый магний шестиводный (доля 6-водного нитрата магния 98% масс.)	т/т	–	0,097
Азотнокислый марганец (доля 6-водного нитрата марганца 98% масс.)	т/т	–	0,0024
Аммиачная селитра доля аммонийного азота в пересчете на азот в сухом веществе, 34 %	т/т	–	0,12
Порошок цеолита типа ZSM-5, порошок цеолита ZSM-5 (с учетом влаги до 55%)	т/т	–	0,0053
Порошок цеолита типа цеолит Y, БЕТА, ZSM-23 (с учетом влаги до 15%)	т/т	–	0,015
Парамолибдат аммония, массовая доля оксида молибдена 78%	т/т	–	0,044
Карбонат никеля с массовой долей никеля 42–48% масс.	т/т	–	0,0054
Лимонная кислота 99,5 % масс.	т/т	–	0,05
Паравольфрамат аммония	т/т	–	0,012
Гидроксид кобальта, массовая доля кобальта 61,5%	т/т	–	0,010
Водяной пар низкого давления (Р=0,6МПа, Т=170 °С)	т/т	1,74	2,99
Водяной пар среднего давления (Р=1,5МПа, Т=201 °С)	т/т	5,41	7,14
Природный газ	$нм^3$/т	5219	5608
Речная вода	$м^3$/т	80	134
Электроэнергия	тыс. кВт·ч/т	3,20	4,28

Таблица В.71 — Показатели потребления сырья, материальных и энергетических ресурсов при производстве треххлористого фосфора

Наименование ресурсов	Единицы измерения	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Фосфор желтый	кг/т	230	—
Хлор	кг/т	802	—
Электроэнергия	кВт·ч/т	52	62
Тепловая энергия	Гкал/т	0,36	0,46
Оборотная вода	$м^3$/т	105	135
Техническая вода (речная)	$м^3$/т	6	7

Таблица В.72 — Показатели потребления сырья, материальных и энергетических ресурсов при производстве пористой аммиачной селитры

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Аммиак (100% NH_3)	кг/т	213	215
Кислота азотная неконцентрированная (100% HNO_3)	кг/т	787	795
Электроэнергия	кВт·ч/т	24,6	43,0
Пар	Гкал/т	0,08	0,165

Таблица В.73— Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве водоустойчивой аммиачной селитры

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Аммиак газообразный (100% NH_3)	кг/т	–	215
Кислота азотная неконцентрированная (100% HNO_3)	кг/т	–	794
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	24,7
Пар	Гкал/т	–	0,167

Таблица В.74 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве алюминия азотнокислого 9-водного

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Песок тригидрата оксида алюминия (влажный) в перерасчете на алюминий тригидрат оксид	кг/т	–	233,8
Кислота азотная неконцентрированная	кг/т	–	964,6
Вода обессоленная	$м^3$/т	–	0,45
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	688
Пар	Гкал/т	–	9,4

Таблица В.75 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве висмута (III) хромовокислого основного водного

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Висмут	кг/т	–	708,2
Бихромат калия техн.	кг/т	–	440
Кислота азотная неконцентрированная	кг/т	–	1996
Вода обессоленная	$м^3$/т	–	27,8
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	516
Пар	Гкал/т	–	29

Таблица В.76 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве железа (II) сернокислого 7-водного

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Купорос железный техн.	кг/т	–	683
Кислота серная техн.	кг/т	–	9
Сода кальцинированная техн.	кг/т	–	92
Пар	Гкал/т	–	8
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	1060
Вода обессоленная	$м^3$/т	–	5

Таблица В.77 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве железа (III) азотнокислого 9-водного

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Железо в виде отходов из стали	кг/т	–	142
Кислота азотная неконцентрированная с.в,	кг/т	–	1050
Пар	Гкал/т	–	8,3
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	1532
Вода обессоленная	$м^3$/т	–	1

Таблица В.78 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве соли Мора

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Железо (II) сернокислое 7-водное, ч. д. а.	кг/т	-	742
Аммоний сернокислый, ч. д. а.	кг/т	-	356
Пар	Гкал	–	4
Электроэнергия	кВт·ч	–	1831
Вода обессоленная	$м^3$	–	3,5

Таблица В.79 – Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности в производстве реактива Несслера

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Натр едкий техн.	кг/т	–	105,5
Калий йодистый	кг/т	–	51,5
Ртуть (II) окись	кг/т	–	16,9
Натрий сернистый техн. (натрия сульфид)	кг/т	–	0,6394
Вода обессоленная	$м^3$/т	–	0,9
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	329
Пар	Гкал/т	–	0,0596

Таблица В.80 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве кадмия оксида

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Кадмий	кг/т	–	887
Вода техн.	$м^3$/т	–	0,149
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	1456
Пар	Гкал/т	–	0,119
Газ природный	$нм^3$/т	–	28

Таблица В.81 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве кадмия сернокислого

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Кадмия оксид	кг/т	–	506,1
Кислота серная контактная улучшен. техн.	кг/т	–	407,1
Кислота серная ч	кг/т	–	10
Тепловая энергия (пар)	Гкал/т	–	22
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	992
Вода обессоленная	$м^3$/т	–	2,67

Таблица В.82 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве кадмия углекислого

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Кадмия оксид	кг/т	–	542,6
Кислота азотная неконцентрированная	кг/т	–	987,4
Соли углеаммонийные	кг/т	–	744,6
Тепловая энергия (пар)	Гкал/т	–	6,2
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	904
Вода техническая	$м^3$/т	–	10,2

Таблица В.83 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве кадмия хлористого 2,5-водного

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Кадмия оксид	кг/т	576,6	576,6
Кислота соляная, техн.	кг/т	963	963
Тепловая энергия (пар)	Гкал/т	22,94	22,94
Электроэнергия	кВт·ч/т	2821,96	2821,96
Вода обессоленная	$м^3$/т	2,608	2,608

Таблица В.84 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве кобальта азотнокислого 6-водного

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Кобальт	кг/т	–	208
Кислота азотная неконцентрированная	кг/т	–	946,25
Тепловая энергия (пар)	Гкал/т	–	8,25
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	405
Вода обессоленная	$м^3$/т	–	1

Таблица В.85 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве кобальта сернокислого 7-водного

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Кобальт гидроксид карбонат паста п/ф Co-25,9%	кг/т	–	220,27
Кислота серная техн.	кг/т	–	380,9
Тепловая энергия (пар)	Гкал/т	–	5,909
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	2557,27
Вода обессоленная	$м^3$/т	–	1

Таблица В.86 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве кобальта углекислого основного водного

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Кобальт (II) азотнокислый раствор	кг/т	–	2603
Сода кальцинированная техн.	кг/т	–	500
Тепловая энергия (пар)	Гкал	–	20
Электроэнергия	кВт·ч	–	1603
Вода обессоленная	$м^3$	–	16

Таблица В.87 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве меди (II) азотнокислой 3-водной 45%-ного раствора

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Медь и сплавы на медной основе. Лом и кусковые отходы	кг/т	–	273
Кислота азотная неконцентрированная	кг/т	–	1242
Пар	Гкал/т	–	0,589
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	124,0
Вода обессоленная	$м^3$/т	–	0,6994

Таблица В.88 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве меди (I) оксида

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Порошок медный электролитический	кг/т	–	924,7
Кислота соляная синтетическая техническая	кг/т	–	28
Пар	Гкал/т	–	0,2075
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	3295
Вода техн.	$м^3$/т	–	1

Таблица В.89 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве меди (II) оксида

Наименование	Единицы измерения	Расход	
		минимальный	максимальный
Медь (II) оксид порошкообразный			
Порошок медный электролитический	кг/т	–	828,5
Натр едкий техн.	кг/т	–	0,201
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	1661
Медь (II) оксид проволока			
Проволока медная круглая электротехническая	кг/т	–	888
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	22418
Медь (II) оксид гранулированная			
Порошок медный электролитический	кг/т	–	535,36
Медь (II) оксид порошкообразный	кг/т	–	470,27
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	8321
Вода обессоленная	$м^3$/т	–	0,136

Таблица В.90 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве меди (I) хлорида

Наименование	Единицы измерения	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Порошок медный электролитический	кг/т	–	658
Кислота соляная синтетическая техн.	кг/т	–	1133
Кислота уксусная	кг/т	–	175
Пар	Гкал/т	–	11,12
Электроэнергия	кВт·ч/т	–	3140
Вода техн.	$м^3$/т	–	1,294
Вода обессоленная	$м^3$/т	–	0,235

Таблица В.91 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве никеля азотнокислого 6-водного

Наименование	Единицы измерения	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Никель металлический	кг	–	205,1
Кислота азотная неконцентрированная, в. с.	кг	–	919,42
Пар	Гкал	–	8,296
Электроэнергия	кВт·ч	–	400
Вода обессоленная	$м^3$	–	0,4036

Таблица В.92 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве 55%-ного раствора никеля (II) амидосульфата 4-водного

Наименование	Единицы измерения	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Никель металлический	кг	–	187,6
Кислота азотная неконцентрированная, в. с.	кг	–	838,6
Кислота сульфаминовая	кг	–	638,6
Пар	Гкал	–	20
Электроэнергия	кВт·ч	–	1578,6
Вода обессоленная	$м^3$	–	15,714

Таблица В.93 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве никеля оксида

Наименование	Единицы измерения	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Никель металлический	кг	–	831,1
Кислота азотная неконцентрированная	кг	–	3695,78
Бария гидроокись 8-водная	кг	–	7,778
Сода кальцинированная техническая	кг	–	1687,89

Окончание таблицы В.93

Наименование	Единицы измерения	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Пар	Гкал	–	104
Электроэнергия	кВт·ч	–	12444,4
Вода обессоленная	$м^3$	–	61,1
Паровой конденсат	$м^3$	–	1,1

Таблица В.94 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве никеля углекислого основного водного

Наименование	Единицы измерения	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Никель металлический	кг	–	488
Кислота азотная неконцентрированная, в. с.	кг	–	2180,5
Пар	Гкал	–	47
Электроэнергия	кВт·ч	–	5599
Вода обессоленная	$м^3$	–	25

Таблица В.95 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве серебра азотнокислого

Наименование	Единицы измерения	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Серебро	кг	–	644,3
Кислота азотная, ч	кг	–	700,1
Кислота азотная неконцентрированная, в. с.	кг	–	237,97
Вода обессоленная	$м^3$	–	2,70
Электроэнергия	кВт·ч	–	3824,3
Пар	Гкал	–	19,19

Таблица В.96 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве серебра сернокислого

Наименование	Единицы измерения	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Серебро	кг	–	785,7
Кислота соляная синтетическая техн.	кг	–	128,57
Кислота азотная неконцентрированная, в. с.	кг	–	1085,7
Кислота серная	кг	–	350
Пар	Гкал	–	17,86
Электроэнергия	кВт/ч	–	4785,7
Вода обессоленная	$м^3$	–	5

Таблица В.97 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве серебра уксуснокислого

Наименование	Единицы измерения	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Серебро	кг	–	750
Кислота соляная синтетическая техн.	кг	–	125
Кислота азотная неконцентрированная, в. с.	кг	–	1175
Натрий уксуснокислый 3-водный	кг	–	1025
Пар	Гкал	–	125
Электроэнергия	кВт/ч	–	11175
вода обессоленная	$м^3$	–	12,5

Таблица В.98 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве серебра йодистого

Наименование	Единицы измерения	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Кислота соляная синтетическая техн.	кг	–	465
Кислота азотная неконцентрированная, в. с.	кг	–	650
Калий йодистый	кг	–	800
Пар	Гкал	–	5
Электроэнергия	кВт/ч	–	3850
Вода обессоленная	$м^3$	–	25

Таблица В.99 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве цинка азотнокислого 6-водного

Наименование	Единицы измерения	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Цинк металлический	кг	–	212,1
Кислота азотная неконцентрированная с. в.	кг	–	960
Вода обессоленная	$м^3$	–	0,700
Вода техн.	$м^3$	–	0,139
Электроэнергия	кВт·ч	–	700
Пар	Гкал	–	10

Таблица В.100 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве жидкости тяжелой М-45

Наименование	Единицы измерения	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Барий йодистый 2-водный	кг	–	1416,2
Йод технический	кг	–	829,7
Кадмий гранулированный п/ф	кг	–	356,8
Кислота йодистоводородная, ч	кг	–	1,35

Окончание таблицы В.100

Наименование	Единицы измерения	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Вода обессоленная	$м^3$	–	13,5
Вода техн.	$м^3$	–	13,5
Электроэнергия	кВт·ч	–	1135,1
Пар	Гкал	–	35,1

Таблица В.101— Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве железного купороса как побочного продукта производства диоксида титана

Наименование	Единицы измерения	Расход на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Железный купорос (натура)	кг/т	1116,0	1134,0
Электроэнергия	кВт·ч	39,5	39,5
Воздух сжатый осушенный	$нм^3$	18,1	18,1
Пар среднего давления	Гкал/т	0,3	0,3
Вода техн.	$м^3$	0,95	0,95

Таблица В.102— Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве диоксида титана

Наименование	Единицы измерения	Расход кг на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Ильменитовый концентрат: – при работе на Иршанском	100% TiO_2	1161	1233
Серная кислота техническая: при работе на Иршанском	мнг	4063	4300
Кислота серная гидролизная	мнг	250,0	250,0
Электроэнергия	кВт·ч/т	570	632
Газ природный	т.у.т./т	0,518	0,635
Пар среднего давления	Гкал/т	4	5,01

Таблица В.103 — Целевые показатели ресурсной и энергетической эффективности при производстве железоокисного пигмента как побочного продукта производства диоксида титана

Наименование	Единицы измерения	Расход кг на 1 т продукции	
		минимальный	максимальный
Железный купорос	100% $FeSO_4$	1957,4	1957,4
Сода кальцинированная	100% Na_2CO_3	1365	1365
Электроэнергия	кВт·ч/т	520	520
Газ природный	т.у.т./т	281	287
Пар среднего давления	Гкал/т	2,6	2,6

Приложение Г
(обязательное)

Заключение по наилучшим доступным технологиям

Область применения

Настоящее Заключение НДТ распространяется на следующие основные виды деятельности:

– процессы производства цианистого натрия;

– процессы производства гидросульфида натрия;

– процессы производства катализаторов;

– процессы производства треххлористого фосфора;

– процессы производства специальных видов аммиачной селитры (пористой и водоустойчивой);

– процессы производства технических солей и реактивов;

– процессы производства треххлористого бора;

– процессы производства диоксида титана;

– процессы производства железоокисного пигмента как побочного продукта производства диоксида титана.

Заключения НДТ также распространяется на технологические процессы, связанные с основными видами деятельности, которые могут оказать или оказывают влияние на количество (массы) эмиссий в окружающую среду или на масштабы загрязнения окружающей среды:

– хранение и подготовка сырья;

– производственные процессы;

– методы предотвращения и сокращения эмиссий и образования отходов;

– упаковку и хранение продукции.

Дополнительные виды деятельности и соответствующие им справочники НДТ приведены в табл. Г.1.

Таблица Г.1 — Дополнительные виды деятельности и соответствующие им справочники НДТ

Вид деятельности	Наименование соответствующего справочника НДТ
Очистка выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух	ИТС 22—2016 «Очистка выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух при производстве продукции (товаров), а также при проведении работ и оказании услуг на крупных предприятиях»
Очистка и утилизация сточных вод	ИТС 8—2015 «Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях»

Окончание таблицы Г.1

Вид деятельности	Наименование соответствующего справочника НДТ
Утилизация и обезвреживание отходов	ИТС 15—2016 «Утилизация и обезвреживание отходов (кроме обезвреживания термическим способом (сжигание отходов))»
Размещение отходов	ИТС 17—2016 «Размещение отходов производства и потребления»
Хранение и складирование товаров (материалов)	ИТС 46—2019 «Сокращение выбросов загрязняющих веществ, сбросов загрязняющих веществ при хранении и складировании товаров (грузов)»
Системы охлаждения	ИТС 20—2016 «Промышленные системы охлаждения»
Использование энергии и энергоресурсов	ИТС 48—2017 «Повышение энергетической эффективности при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности»
Обращение со сточными водами и выбросами	ИТС 47—2017 «Системы обработки (обращения) со сточными водами и отходящими газами в химической промышленности»
Осуществление производственного экологического контроля	ИТС 22.1—2016 «Общие принципы производственного экологического контроля и его метрологического обеспечения»

Сфера распространения настоящего Заключения НДТ приведена в таблице Г.2.

Таблица Г.2 — Сфера распространения

ОКПД 2	Наименование продукции по ОК 034–2014 (ОКПД 2)	Наименование вида деятельности по ОКВЭД 2	ОКВЭД 2
		Производство прочих основных неорганических химических веществ	20.13
20.12.11.130	Оксиды титана		
20.12.1	Оксиды, пероксиды и гидроксиды металлов		
20.13.22.000	Соединения неметаллов с галогенами или серой		
20.13.41	Сульфиды, сульфиты и сульфаты		
20.13.62	Цианиды, цианидоксиды и комплексные цианиды; фульминаты, цианаты и тиоцианаты; силикаты; бораты; пербораты; прочие соли неорганических кислот или пероксикислот		
20.59.52.194	Реактивы химические общелабораторного назначения		
20.59.56.150	Катализаторы, не включенные в другие группировки		
		Производство удобрений и азотных соединений	20.15

Г1. Наилучшие доступные технологии

НДТ 1. Повышение экологической результативности (эффективности) путем внедрения и поддержания системы экологического менеджмента (СЭМ), соответствующей требованиям ГОСТ Р ИСО 14001 [1)] или ISO 14001 [1)], или применение инструментов СЭМ.

НДТ 2. Минимизация выброса путем применения интенсивного абсорбционного оборудования.

НДТ 3. Использование «сухих» методов очистки отходящих газов от пыли, применение циклонов и рукавных фильтров.

НДТ 4. Предотвращение или снижение неорганизованных выбросов загрязняющих веществ в воздух путем соблюдения требований технологических регламентов и режимов, а также надлежащего технического обслуживания оборудования.

НДТ 5. Мониторинг выбросов маркерных загрязняющих веществ в воздух в соответствии с установленными требованиями.

НДТ 6. Локальные системы аспирации от узлов пересыпок и транспортного оборудования.

НДТ 7. Очистка нитрозного газа методами конденсации, промывки, каталитической очистки.

НДТ 8. Контроль, регулировка и автоматизация стадий технологического процесса, влияющих на образование и выделение загрязняющих веществ (соотношение реагентов, температура, кислотность и др.).

НДТ 9. Оптимизация процессов водопотребления и организация водооборотных систем.

НДТ 10. Обеспечение надлежащей очистки сточных вод на собственных очистных сооружениях,

НДТ 11. Сброс сточных вод в заводскую канализационную сеть с последующей очисткой на собственных центральных очистных сооружениях

НДТ 12. Оптимизация системы обращения с отходами в соответствии с установленными требованиями

НДТ 13. Использование в качестве сырья отработанных катализаторов, уловленной пыли, шламов от зачистки оборудования

НДТ 14. Учет методов повышения энергоэффективности, изложенных в ИТС 48.

НДТ 15. Снижение потребления энергоресурсов (тепла или пара) путем использования вторичных энергоресурсов: тепла отходящих газов и низкопотенциального пара.

НДТ 16. Переход на локальную систему обеспечения сжатым воздухом.

НДТ 17. Внедрение частотных регуляторов (насосы, дробилки, мешалки, вентиляторы, барабаны и т. д.).

[1)] Соответствие системы менеджмента указанным стандартам не означает ее обязательную сертификацию.

Г2. Производственно-экологический контроль

Таблица Г.3 — Методы контроля технологических показателей для выбросов

Измеряемые показатели	Метод контроля (непрерывный с применением систем автоматического контроля, периодический, расчетный метод)	Метод измерения
Аммиак	В соответствии с программой производственного экологического контроля	Фотометрический Ионная хроматография
Азота диоксид	В соответствии с программой производственного экологического контроля	Фотометрический Фотоколориметрический Ионная хроматография Газохроматографический Линейно-колористический
Азота оксид	В соответствии с программой производственного экологического контроля	Фотометрический Фотоколориметрический Ионная хроматография Газохроматографический Линейно-колористический
Водород цианистый	В соответствии с программой производственного экологического контроля	Ионометрическое измерение
Сероводород	В соответствии с программой производственного экологического контроля	Потенционметрический Газохроматографический
Сероуглерод	В соответствии с программой производственного экологического контроля	Фотометрический Газохроматографический
Серы диоксид	В соответствии с программой производственного экологического контроля	Ионная хроматография Титриметрический
Диалюминий триоксид (в пересчете на алюминий)	В соответствии с программой производственного экологического контроля	Гравиметрический Фотометрический
Железа оксид	В соответствии с программой производственного экологического контроля	Фотометрический
Хром (Cr^{6+})	В соответствии с программой производственного экологического контроля	Фотометрический Атомно-эмиссионная спектрометрия
Фосфорный ангидрид (дифосфорпента-оксид)	В соответствии с программой производственного экологического контроля	Фотометрический
Фосфор трихлорид (фосфор треххлористый)	В соответствии с программой производственного экологического контроля	Фотометрический

Окончание таблицы Г.3

Измеряемые показатели	Метод контроля (непрерывный с применением систем автоматического контроля, периодический, расчетный метод)	Метод измерения
Нитрат аммония	В соответствии с программой производственного экологического контроля	Фотометрический
Оксид ртути (II), ртуть двуйодистая (в пересчете на ртуть)	В соответствии с программой производственного экологического контроля	Фотометрический Атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой
Кадмий оксид (в пересчете на кадмий)	В соответствии с программой производственного экологического контроля	Атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой
Карбонат кобальта (в пересчете на кобальт)	В соответствии с программой производственного экологического контроля	Атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой
Углерода оксид	В соответствии с программой производственного экологического контроля	Газохроматографический
Хлористый водород	В соответствии с программой производственного экологического контроля	Ионная хроматография Трбидиметрический
Меди хлорид (в пересчете на медь)	В соответствии с программой производственного экологического контроля	Атомно-эмиссионная спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой Инверсионная вольтамперометрия
Уксусная кислота	В соответствии с программой производственного экологического контроля	Газохроматографический Фотометрический
Борная кислота	В соответствии с программой производственного экологического контроля	Ионометрический
Хлор	В соответствии с программой производственного экологического контроля	Фотометрический
Метилен хлористый	В соответствии с программой производственного экологического контроля	Газохроматографический

Таблица Г4 — Методы контроля технологических показателей для сбросов

Измеряемые показатели	Метод контроля (непрерывный с применением систем автоматического контроля, периодический, расчетный метод)	Метод измерения
Цианид-анион	В соответствии с программой производственного экологического контроля	Фотометрический
Аммоний-ион	В соответствии с программой производственного экологического контроля	Фотометрический Ионная хроматография
Нитрат-анион	В соответствии с программой производственного экологического контроля	Фотометрический Фотоколориметрический Ионная хроматография
Нитрит-анион	В соответствии с программой производственного экологического контроля	Фотометрический Фотоколориметрический Ионная хроматография
Хлорид анион	В соответствии с программой производственного экологического контроля	Ионная хроматография Меркуриметрический
ХПК	В соответствии с программой производственного экологического контроля	Титриметрический (бихроматный) Фотометрический Спектрофотометрический
Хром шестивалентный	В соответствии с программой производственного экологического контроля	Рентгенофлуоресцентный Фотометрический Атомно-эмиссионная спектрометрия
pH	В соответствии с программой производственного экологического контроля	Потенциометрический метод

Библиография

1. О порядке определения технологии в качестве наилучшей доступной технологии, а также разработки, актуализации и опубликования информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям: Постановление Правительства РФ от 23 декабря 2014 г. № 1458 (с изм. и доп.).

2. Об охране окружающей среды: Федеральный закон от 10 января 2002 года № 7-ФЗ.

3. Об утверждении методических рекомендаций по определению технологии в качестве наилучшей доступной технологии: Приказ Минпромторга России от 23 августа 2019 г. № 3134.

4. Об утверждении перечня загрязняющих веществ, в отношении которых применяются меры государственного регулирования в области охраны окружающей среды: Распоряжение Правительства РФ от 8 июля 2015 г. № 1316-р (с изм. и доп.).

5. Об утверждении перечня областей применения наилучших доступных технологий: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 24 декабря 2014 года № 2674-р (с изм. на 24 мая 2018 г.).

6. Об утверждении Порядка сбора и обработки данных, необходимых для разработки и актуализации информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям: Приказ Минпромторга России от 18 декабря 2019 г. № 4841.

7. Об утверждении поэтапного графика актуализации информационно-технических справочников по наилучшим доступным технологиям: Распоряжение Правительства РФ от 30 апреля 2019 г. № 866-р.

8. ГОСТ Р 113.00.03-2019 Наилучшие доступные технологии. Структура информационно-технического справочника.

9. ГОСТ Р 113.00.04-2020 Наилучшие доступные технологии. Формат описания технологий.

10. ГОСТ Р 56828.15-2016 Наилучшие доступные технологии. Термины и определения.

11. ТУ 2151-012-47773778—2009 (с изм. 1, 2) Натрий цианистый технический брикетированный. Технические условия.

12. ГОСТ 8465—79 Калий цианистый технический. Технические условия.

13. ГОСТ 8464—79 Натрий цианистый технический. Технические условия.

14. Патент EP 0600211. Process for the preparation of solid sodium cyanide.

15. Патент EP 0857689. Process for the preparation of alkali or alkaline-earth metal cyanide granulates and the obtained high purity alkali metal cyanide granulates.

16. Патент РФ 2107660. Грануляты цианидов щелочных металлов и способ их получения.

17. Заявка WO/2009/111828A1. Method, apparatus and system for manufacture of a cyanide.

18. Патент EP 0600211 Process for the preparation of solid sodium cyanide.

19. Хаджиев, С. Н. Наногетерогенный катализ: определение, состояние и перспективы исследований / С. Н. Хаджиев // Наногетерогенный катализ. — 2016. — № 1. — С. 3–18.

20. ТУ 2152-380-05763441—2002 Фосфор треххлористый.