



Об утверждении справочника по наилучшим доступным техникам "Производство основных органических химических веществ и полимеров"

Постановление Правительства Республики Казахстан от 16 июня 2025 года № 446.

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

1. Утвердить прилагаемый справочник по наилучшим доступным техникам "Производство основных органических химических веществ и полимеров".

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

*Премьер-Министр
Республики Казахстан*

О. Бектенов

Утвержден
постановлением Правительства
Республики Казахстан
от 16 июня 2025 года № 446

Справочник

по наилучшим доступным техникам "Производство основных органических химических веществ и полимеров"

Оглавление

Список рисунков

Список таблиц

Глоссарий

Предисловие

Область применения

Принципы применения

1. Общая информация

1.1. Структура отрасли по производству основных органических химических веществ и полимеров, технико-экономические показатели

1.2. Производственные мощности, выпускаемая продукция

1.3. Ресурсы и материалы

1.4. Энергоэффективность

1.5. Основные экологические проблемы отрасли

1.5.1. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух

1.5.2. Сбросы загрязняющих веществ в водные объекты

1.5.3. Отходы производства

1.5.4. Физические воздействия

1.5.5. Запах

2. Методология определения наилучших доступных техник

2.1. Детерминация, принципы подбора НДТ

2.2. Критерии отнесения техник к НДТ

2.3. Экономические аспекты применения НДТ

2.3.1. Подходы к экономической оценке НДТ

2.3.2. Способы экономической оценки НДТ

2.3.3. Соотношение затрат и ключевых экономических показателей

2.3.4. Прирост себестоимости

2.3.5. Соотношение затрат и экологического результата

2.3.6. Платежи и штрафы за негативное воздействие на окружающую среду

2.4. Расчет "на установке"

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

3.1. Производство метил-трет-бутилового эфира (МТБЭ)

3.1.1. Основные технологические процессы

3.2. Производство других органических веществ (пропилена)

3.2.1. Основные технологические процессы

3.3. Производство полиолефинов (полипропилена)

3.3.1. Основные технологические процессы

3.4. Производство полимерных изделий

3.4.1. Основные технологические процессы

3.5. Производство других полимеров

3.5.1. Основные технологические процессы производства каучука

3.5.2. Основные технологические процессы производства полиэстера

3.6. Энергоэффективность

3.7. Управление эмиссиями, отходами производства

3.7.1. Производство МТБЭ

3.7.2. Производство пропилена

3.7.3. Производство полимеров (полипропилена)

3.7.4. Производство полимерных изделий

3.7.5. Производство других полимеров

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

4.1. Повышение интеграции производственных процессов

4.2. Система экологического менеджмента

4.3. Система энергетического менеджмента

4.4. Управление технологическим процессом

4.5. Мониторинг эмиссий

4.5.1. Мониторинг выбросов загрязняющих веществ

4.5.2. Мониторинг сбросов загрязняющих веществ в водные объекты

4.6. Управление водными ресурсами

4.7. Управление отходами (технологическими остатками)

4.8. Физические воздействия

5. Техники, которые рассматриваются при выборе наилучших доступных техник

5.1. Техники при производстве МТБЭ

5.1.1. Техники по энергоэффективности и ресурсосбережению

5.1.1.1. Применение катализаторов с высокой активностью и селективностью

5.1.1.2. Рекуперация отходящих газов

5.1.2. Техники по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух

5.1.2.1. Методы предотвращения и минимизации неорганизованных выбросов в атмосферный воздух

5.1.3. Техники, направленные на предотвращение, сокращение образования и очистку сточных вод

5.1.3.1. Соблюдение требований, установленных для сброса сточных вод в централизованные системы водоотведения (для организаций, передающих сточные воды на очистку с использованием централизованных систем водоотведения)

5.1.3.2. Обеспечение надлежащей очистки сточных вод на собственных очистных сооружениях

5.1.3.3. Применение механических, обратноосмотических методов, озонаторов, адсорбционных фильтров при очистке сточных вод

5.1.4. Техники, направленные на управление и сокращение воздействия технологических остатков и производственных отходов

5.1.4.1. Использование в качестве сырья отработанных катализаторов, уловленной пыли, шламов от зачистки оборудования

5.2. Техники при производстве пропилена

5.2.1. Техники по энергоэффективности и ресурсосбережению

5.2.1.1. Применение катализаторов с высокой активностью и селективностью

5.2.2. Техники по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух

5.2.2.1. Методы сокращения выбросов NO_x

5.2.2.2. Методы сокращения выбросов CO

5.2.2.3. Методы сокращения выбросов углеводородов

5.2.3. Техники, направленные на предотвращение, сокращение образования и очистку сточных вод

5.2.3.1. Методы сокращения потребления воды

5.2.3.2. Методы очистки сточных вод от углеводородов

5.3. Техники при производстве полиолефинов

5.3.1. Техники по энергоэффективности и ресурсосбережению

5.3.1.1. Рекуперация отходящих газов

5.3.1.2. Использование высокоэффективных катализаторов

5.3.2. Техники по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух

5.3.2.1. Методы предотвращения и минимизации неорганизованных выбросов в атмосферный воздух

5.3.2.2. Сведение к минимуму остановок и пусков установок

5.3.2.3. Последующая обработка потоков продувочного воздуха, поступающих из секции доводки и вентиляционных отверстий реактора

5.3.2.4. Минимизация сжигания потоков на факельных установках, минимизация потоков

5.3.2.5. Утилизация тепла экзотермической реакции путем выработки пара низкого давления

5.3.3. Техники, направленные на предотвращение, сокращение образования и очистку сточных вод

5.3.3.1. Методы предотвращения и минимизации сбросов сточных вод

5.3.3.2. Методы очистки сточных вод

5.3.4. Техники, направленные на управление и сокращение воздействия технологических остатков и производственных отходов

5.3.4.1. Повторное использование отходов

5.4. Техники при производстве полимерных изделий

5.4.1. Техники по энергоэффективности и ресурсосбережению

5.4.2. Организация сбора и использования отходов полимеров для повторного использования

5.5. Техники при производстве других полимеров

5.5.1. Техники по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух

5.5.1.1. Методы предотвращения и минимизации неорганизованных выбросов в атмосферный воздух

5.5.1.2. Техники очистки организованных выбросов в атмосферный воздух

5.5.1.3. Контроль состояния фланцев, насосов, уплотнений

5.5.1.4. Насыщение эпоксидных групп

5.5.2. Техники, направленные на предотвращение, сокращение образования и очистку сточных вод

5.5.2.1. Методы предотвращения и минимизации сбросов сточных вод

5.5.2.2. Методы биологической очистки сточных вод

5.5.2.3. Методы механической очистки сточных вод

5.5.3. Техники, направленные на управление и сокращение воздействия технологических остатков и производственных отходов

5.5.3.1. Повторное использование отходов

6. Заключение, содержащее выводы по наилучшим доступным техникам

6.1. Общие НДТ

6.1.1. Система экологического менеджмента

6.1.2. Управление энергопотреблением, энергоэффективность

6.1.3. Мониторинг эмиссий

6.1.4. Управление технологическим процессом

6.1.5 Управление водными ресурсами

6.1.6 Управление отходами

6.1.7 Шум, вибрация, запах

6.2. НДТ при производстве основных органических веществ

6.2.1. НДТ в области энергосбережения, ресурсосбережения

6.2.2. НДТ по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

6.2.3. НДТ, направленные на предотвращение и сокращение образования сточных вод

6.2.4. НДТ, направленные на сокращение воздействия технологических остатков и производственных отходов

6.3 НДТ при производстве полимеров

6.3.1. НДТ в области энергосбережения, ресурсосбережения

6.3.2. НДТ по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

6.3.3. НДТ, направленные на предотвращение и сокращение образования сточных вод

6.3.4. НДТ, направленные на сокращение воздействия технологических остатков и производственных отходов

6.4. Требования по ремедиации

7. Перспективные техники

7.1. Использование возобновляемых источников энергии

7.2. Окисление пропилена гидропероксидом кумола

7.3. Окисление пероксидом водорода

7.4. Использование современных каталитических систем при производстве полипропилена

7.5. Очистка промышленных газовых выбросов от органических кислородосодержащих соединений

7.6. Очистка сточных вод от метанола

7.7. Использование микро- и нанореакторов для проведения полимеризации

7.8. Инновационные методы полимеризации

7.9. Химическая переработка отходов производства полиолефинов

8. Дополнительные комментарии и рекомендации

Библиография

Список рисунков

Рисунок 1.1. Производство в химической отрасли

Рисунок 3.1. Принципиальная блок-схема реакторного блока получения метил-трет-бутилового эфира

Рисунок 3.2. Принципиальная схема получения полипропилена газофазным способом

Рисунок 3.3. Схема вытяжной вентиляции

Рисунок 5.1. Схематический вид шестеренчатого насоса

Рисунок 7.1. Принципиальная технологическая схема получения оксида пропилена пероксидом водорода

Список таблиц

Таблица 1.1. Объем производства органических веществ в Казахстане, тонн

Таблица 1.2. Данные о потреблении энергоресурсов, тыс. тонн условного топлива

Таблица 1.3. Выбросы при производстве МТБЭ

Таблица 1.4. Выбросы при производстве пропилена, тонн/год

Таблица 1.5. Выбросы при производстве полипропилена

Таблица 1.6. Выбросы при производстве гранулированного полипропилена, полипропиленовых изделий

Таблица 1.7. Сточные воды при производстве МТБЭ и полипропилена

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

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

Таблица 3.1. Количество выпускаемого МТБЭ, тыс. тонн

Таблица 3.2. Количество выпускаемого полипропилена, тыс. тонн

Таблица 3.3. Сравнительный анализ фактического удельного расхода электрической и тепловой энергии на производство МТБЭ

Таблица 3.4. Фактический удельный расход электрической и тепловой энергии для производства полипропилена из пропан-пропиленовой фракции, получаемого по суспензионной технологии в сравнении с ИТС 32-2018

Таблица 3.5. Фактические показатели потребления сырья, материалов и энергетических ресурсов при производстве полипропилена из пропан-пропиленовой фракции, получаемого по суспензионной технологии в сравнении с ИТС 32-2018 и нормативами BREF EC

Таблица 3.6. Выбросы в атмосферный воздух при производстве МТБЭ

Таблица 3.7. Выбросы в атмосферный воздух основных загрязняющих веществ при производстве пропилена

Таблица 3.8. Выбросы в атмосферный воздух при производстве эпоксидного компаунда

Таблица 4.1. Рекомендации по проведению мониторинга

Таблица 5.1. Эффективность борьбы с загрязнением и уровни выбросов, связанные с дистилляцией/ректификацией

Таблица 5.2. Обзор различных методов последующей обработки ЛОС

Таблица 6.1. Периоды усреднения уровней выбросов, связанных с НДТ

Таблица 6.2. Процессы, параметры и период проведения мониторинга

Таблица 6.3. Технологические показатели выбросов МТБЭ при производстве МТБЭ

Таблица 6.4. Технологические показатели выбросов NOx при производстве пропилена

Таблица 6.5. Технологические показатели выбросов NH3 при производстве пропилена

Таблица 6.6. Технологические показатели выбросов пропилена при производстве полипропилена

Таблица 7.1. Показатели потребления сырья и энергоресурсов при производстве окиси пропилена

Глоссарий

Настоящий глоссарий предназначен для облегчения понимания информации, содержащейся в данном документе.

Глоссарий представлен следующими разделами:

термины и определения;

аббревиатуры и определения;

химические элементы;

химические формулы;

единицы измерения.

Термины и определения

В настоящем справочнике по НДТ используются следующие термины:

Термины	Расшифровка
	наиболее эффективная и передовая стадия развития видов деятельности и методов их осуществления, которая свидетельствует об их практической пригодности для

наилучшие доступные техники	—	того, чтобы служить основой установления технологических нормативов и иных экологических условий, направленных на предотвращение или, если это практически неосуществимо, минимизацию негативного антропогенного воздействия на окружающую среду;
комплексный технологический аудит (КТА)	—	процесс экспертной оценки применяемых на предприятиях техник (технологий, способов, методов, процессов, практики, подходов и решений), направленных на предотвращение и (или) минимизацию негативного антропогенного воздействия на окружающую среду, в том числе путем сбора соответствующих сведений и (или) посещений объектов, подпадающих под области применения наилучших доступных техник;
действующая установка	—	стационарный источник эмиссий, расположенный на действующем объекте (предприятие) и введенный в эксплуатацию до введения в действие настоящего справочника по НДТ. К действующим установкам не относятся реконструируемые и (или) модернизированные после введения в действие настоящего справочника по НДТ установки;
воздействие на окружающую среду	—	любое отрицательное или положительное изменение в окружающей среде, полностью или частично являющееся результатом экологических аспектов объекта;
загрязняющее вещество	—	любые вещества в твердом, жидком, газообразном или парообразном состоянии, которые при их поступлении в окружающую среду в силу своих качественных или количественных характеристик нарушают естественное равновесие природной среды, ухудшают качество ее компонентов, способны

		причинить экологический ущерб либо вред жизни и (или) здоровью человека;
катализатор	—	вещество, изменяющее скорость химической реакции и не входящее в состав конечных продуктов. Катализаторы обеспечивают энергетически менее затрудненные пути реакции, что позволяет эффективно использовать сырье;
маркерные загрязняющие вещества	—	наиболее значимые для эмиссий конкретного вида производства или технологического процесса загрязняющие вещества, которые выбираются из группы характерных для такого производства или технологического процесса загрязняющих веществ и с помощью которых возможно оценить значения эмиссий всех загрязняющих веществ, входящих в группу;
мониторинг эмиссий в атмосфере	—	оценка концентрации выбросов загрязняющих веществ в отходящих газах, полученная с помощью прямых инструментальных и/или косвенных методов измерений;
перспективные техники	—	техники с потенциалом улучшения экологической эффективности, но которые еще не были коммерчески применены или которые все еще находятся на стадии исследований и разработок ;
компаундирование	—	процесс, включающий в себя введение добавок и наполнителей в полимерный материал, называют компаундированием, а смеси полимеров с этими ингредиентами – компаундами;
ректификационная колонна	—	аппарат, предназначенный для разделения жидких смесей, составляющие которых имеют различную температуру кипения. При ректификации конденсация составляющих пара происходит раздельно;
		возвращение энергии или части материала, расходуемых при

рекуперация	—	проведении того или иного технологического процесса, для повторного использования;
технологические показатели	—	уровни эмиссий, связанные с применением наилучших доступных техник, выраженные в виде предельного количества (массы) маркерных загрязняющих веществ на единицу объема эмиссий (мг/нм ³ , мг/дм ³) и (или) количества потребления электрической и (или) тепловой энергии, иных ресурсов в расчете на единицу времени или единицу производимой продукции (товара), выполняемой работы, оказываемой услуги, которые могут быть достигнуты при нормальных условиях эксплуатации объекта с применением одной или нескольких наилучших доступных техник, описанных в заключении по наилучшим доступным техникам, с учетом усреднения за определенный период времени и при определенных условиях;
эффективность	—	достижение каких-либо определенных результатов с минимально возможными издержками или получение максимально возможного объема продукции из данного количества ресурсов;
отходящий газ	—	общий термин для газа/воздуха, возникающего в результате процесса или эксплуатации (см. выхлопные газы, дымовые газы, отработанные газы);
экструдер	—	машина для формования пластичных материалов путем придания им формы при помощи продавливания (экструзии) через профилирующий инструмент (экструзионную головку);
экстракция	—	извлечение вещества из раствора или сухой смеси с помощью растворителя (экстрагента), практически не смешивающегося с исходной смесью;
		количественное отношение объема предоставленных услуг,

энергетическая эффективность (— далее –энергоэффективность)	работ, выпущенной продукции (— товаров) или произведенных энергетических ресурсов к затраченным на это исходным энергетическим ресурсам.
---	---

Аббревиатуры и их расшифровка

Аббревиатура		Расшифровка
АО	—	акционерное общество
МТБЭ	—	метил-трет-бутиловый эфир
ПП	—	полипропилен
ДМДС	—	диметилдисульфид
РРНП	—	резервуарные реакторы непрерывного действия с перемешиванием
ПРЗ		проточные реакторы с заглушкой
АСМ	—	автоматизированная система мониторинга
АСУТП	—	автоматизированная система управления технологическим процессом
НДТ	—	наилучшие доступные техники
БНС АСПР РК	—	Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан
ЕС	—	Европейский союз
КТА	—	комплексный технологический аудит
КЭР	—	комплексное экологические разрешение
РК	—	Республика Казахстан
ТЭР	—	топливно-энергетические ресурсы
ПЭК	—	производственный экологический контроль
КПД	—	коэффициент полезного действия
ПДК	—	предельно-допустимая концентрация
СКВ	—	селективное каталитическое восстановление оксидов азота
СЭМ	—	система экологического менеджмента
СЭнМ	—	система энергетического менеджмента
ОЭСР	—	Организация экономического сотрудничества и развития
НП	—	ненасыщенный полиэфир

ИИФ	—	изобутан-изобутиленовая фракция
БИФ	—	бутан-изобутиленовая фракция
ББФ	—	бутан-бутиленовая фракция
ППФ	—	пропан-пропиленовая фракция
ТЭА	—	триэтилалюминий
УКП	—	установка концентрирования пропилена
УПП	—	установка производства полипропилена
УГП	—	установка гранулирования полипропилена
БСК	—	бутадиен-стирольный каучук
ЛОС	—	летучие органические соединения
ПАУ	—	полиароматические углеводороды
ОМН	—	органоминеральный наполнитель

Химические элементы

Символ	Название	Символ	Название
Ag	серебро	Mg	магний
Al	алюминий	Mn	марганец
As	мышьяк	Mo	молибден
Au	золото	N	азот
B	бор	Na	натрий
Ba	барий	Nb	ниобий
Be	бериллий	Ni	никель
Bi	висмут	O	кислород
C	углерод	Os	осмий
Ca	кальций	P	фосфор
Cd	кадмий	Pb	свинец
Cl	хлор	Pd	палладий
Co	кобальт	Pt	платина
Cr	хром	Re	рений
Cs	цезий	Rh	родий
Cu	медь	Ru	рутений
F	фтор	S	сера
Fe	железо	Sb	сурьма
Ga	галлий	Se	селен
Ge	германий	Si	кремний
H	водород	Sn	олово
He	гелий	Ta	тантал
Hg	ртуть	Te	теллур
I	йод	Ti	титан
In	индий	Tl	таллий

Ir	иридий	V	ванадий
K	калий	W	вольфрам
Li	литий	Zn	цинк

Химические формулы

Химическая формула	Название (описание)
CH ₄	метан
CH ₃ —O—C(CH ₃) ₃	метил-трет-бутиловый эфир (МТБЭ)
C ₃ H ₆ , CH ₂ = CH - CH ₃	пропилен
[-CH ₂ -CH(CH ₃)-] _n	полипропилен (ПП)
CH ₃ SCH ₃	диметилдисульфид
C ₁₅ H ₁₆ O ₂	бисфенол А
C ₁₆ H ₃₃ N(CH ₃) ₂	алкил (C10-16) диметиламин
C ₂ H ₅ OH	этанол
C ₆ H ₅ NH ₂	фениламин (анилин,аминобензол) (аэрозоль)
C ₁₃ H ₁₄ N ₂	4,4'-диаминодифенилметан
C ₁₀ H ₁₈ O ₄	1,4-бутандиол диглицидиловый эфир
C ₁₂ H ₂₃ NH ₂	алкил C12-18 амины (по аминам)
C ₁₂ H ₁₄ O ₄	фталевобутиловый эфир
C ₃ H ₆ O, CH ₃ -C(=O)-CH ₃	ацетон
HCl	соляная кислота
NaOH	гидрооксид натрия
H ₂ SO ₄	серная кислота
NaCl	хлорид натрия

Единицы измерения

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

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

Предисловие

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

Справочник по НДТ "Производство основных органических химических веществ и полимеров" (далее – справочник по НДТ) разработан в целях реализации Экологического кодекса Республики Казахстан (далее – Экологический кодекс РК) [1].

Разработка справочника по НДТ проводилась в соответствии с Правилами разработки, применения, мониторинга и пересмотра справочников по наилучшим доступным техникам, утвержденными постановлением Правительства Республики Казахстан от 28 октября 2021 года № 775 (далее – Правила) [2].

Структура настоящего справочника по НДТ соответствует положениям Правил, содержащим цели, основные принципы, порядок разработки, область применения НДТ. Справочник по НДТ содержит описание применяемых технологических процессов,

оборудования, технических способов, методов, в том числе позволяющих снизить эмиссии в окружающую среду, водопотребление, повысить энергоэффективность, обеспечить экономию ресурсов на предприятиях, относящихся к областям применения НДТ. Из числа описанных технологических процессов, технических способов, методов выделены решения, отнесенные к НДТ, установлены технологические показатели, связанные с применением НДТ.

При разработке справочника по НДТ учтен международный опыт в данной сфере, в том числе использовались аналогичные и сопоставимые справочники, официально применяемые в государствах, являющихся членами ОЭСР, ЕС, в Российской Федерации с учетом специфики сложившейся структуры экономики и необходимости обоснованной адаптации к климатическим, а также экологическим условиям Республики Казахстан, обуславливающие техническую и экономическую доступность НДТ в конкретных областях их применения:

1. Reference Document for the Production of Large Volume Organic Chemicals, 2017. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям "Производство органических химикатов в больших объемах" [3];

2. Reference Document on Best Available Techniques in the Production of Polymers, 2007. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям "Производство полимеров" [4];

3. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Refining of Mineral Oil and Gas, 2015. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям "Переработка нефти и газа" [5];

4. ИТС18-2019 "Производство основных органических химических веществ", Москва, Бюро НДТ, 2019 [6];

5. ИТС 32-2017 "Производство полимеров, в том числе биоразлагаемых", Москва, Бюро НДТ, 2017[7];

6. Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency, 2009. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности. – М.: Эколайн, 2012 г. [8];

7. Наилучшие доступные технологии. Предотвращение и контроль промышленного загрязнения. Этап 4: Руководство по определению НДТ и установлению уровней экологической эффективности для выполнения условий получения экологических разрешений на основе НДТ/Управление по окружающей среде, здоровью и безопасности Дирекции по окружающей среде ОЭСР. Перевод с английского. Москва, 2020 [9].

Технологические показатели, связанные с применением одной или нескольких в совокупности НДТ, для технологических процессов определены технической рабочей группой по разработке справочника по НДТ (далее – ТРГ).

Текущее состояние эмиссий в атмосферу от промышленных предприятий отрасли по производству органических веществ составляет 2 261,169 т/год.

Модернизация производственных мощностей с применением современных и эффективных техник способствует ресурсосбережению и оздоровлению окружающей среды до соответствующих уровней, отвечающих эмиссиям стран ОЭСР.

Информация о сборе данных

Для разработки справочника по НДТ информация об уровнях выбросов, сбросах, образовании отходов, технологических процессах, оборудовании, технических способах, методах, применяемых при производстве органических веществ в Республике Казахстан, собрана в процессе проведения комплексного технологического аудита, правила проведения которого включены в Правила.

Взаимосвязь с другими справочниками по НДТ

Справочник по НДТ является одним из серии разрабатываемых в соответствии с требованием Экологического кодекса Республики Казахстан справочников по НДТ.

Справочник по НДТ имеет связь с:

№ п/п	Наименование справочника по НДТ	Связанные процессы
1	2	3
1	Энергетическая эффективность при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности	Энергетическая эффективность
2	Мониторинг эмиссий загрязняющих веществ в атмосферный воздух и водные объекты	Мониторинг эмиссий
3	Очистка сточных вод централизованных систем водоотведения населенных пунктов	Процессы очистки сточных вод
4	Переработка нефти и газа	Сырьевые материалы

Область применения

В соответствии с Приложением 3 Экологического кодекса Республики Казахстан настоящий справочник по НДТ распространяется на следующие виды деятельности:

производство основных органических химических веществ;

производство полимеров.

Справочник по НДТ распространяется на виды деятельности и технологические процессы при производстве:

кислородсодержащих органических соединений, в том числе простых эфиров;

производство низших олефиновых и диеновых углеводородов, в частности пропилена;

основных пластмассовых материалов (полимеры, синтетические волокна).

В соответствии с подпунктом 2 пункта 12 Правил справочник по НДТ распространяется на следующий перечень основных и дополнительных технологических процессов:

подготовка сырья;

производственные процессы;

методы предотвращения и сокращения эмиссий и образования отходов.

Область применения справочника по НДТ, а также технологические процессы, оборудование, технические способы и методы в качестве НДТ для области применения справочника по НДТ определены ТРГ.

В настоящем документе описывается производство органических веществ, отобранных в соответствии с объемом производства и потенциальным воздействием их производства на окружающую среду, а также доступностью данных, рассматриваются экологически значимые производственные процессы и операции, наряду с преимущественной инфраструктурой, имеющейся на типичном объекте.

Справочник по НДТ не распространяется на:

дальнейшую переработку полимеров с получением конечных продуктов. Технологические процессы, как производство волокон или компаундирование, включаются, если технически связаны с производством полимера и выполняются на том же участке и при влиянии установки на окружающую среду;

сжигание топлива не в технологической печи/нагревателе или термическом/каталитическом окислителе, сжигание отходов;

производство органических веществ, основу которых составляют процессы переработки нефтяных фракций (подготовка и перегонка нефти, каталитический риформинг, каталитический крекинг, гидроочистка и иные процессы), вошедшие в справочник по НДТ "Переработка нефти и газа";

вспомогательные процессы, необходимые для бесперебойной эксплуатации производства, а также на внештатные режимы эксплуатации, связанные с планово-предупредительными и ремонтными работами;

вопросы, касающиеся обеспечения промышленной безопасности или охраны труда.

Аспекты управления отходами на производстве в справочнике по НДТ рассматриваются только в отношении отходов, образующихся в ходе основного технологического процесса. Система управления отходами вспомогательных технологических процессов рассматривается в соответствующих справочниках по НДТ

Принципы применения

Статус документа

Справочник по НДТ предназначен для информирования операторов объекта/объектов, уполномоченных государственных органов и общественности о НДТ и любых перспективных техниках, относящихся к области применения справочника по

НДТ с целью стимулирования перехода операторов объекта/объектов на принципы "зеленой" экономики и НДТ.

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

- применение малоотходных технологических процессов;

- высокая ресурсная и энергетическая эффективность производства;

- рациональное использование воды, создание водооборотных циклов;

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

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

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

Положения, обязательные к применению

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

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

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

Рекомендательные положения

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

Раздел 1: представлена общая информация о производстве органических веществ, о структуре отрасли, используемых промышленных процессах и технологиях.

Раздел 2: описана методология отнесения к НДТ, подходы идентификации НДТ, экономическая составляющая.

Раздел 3: даны основные этапы производства органических веществ, представлены данные и информация об экологических характеристиках установок по производству органических веществ по текущим выбросам, потребления и характера сырья, потребления воды, использования энергии и образования отходов.

Раздел 4: описаны техники, применяемые при осуществлении технологических процессов для снижения их негативного воздействия на окружающую среду и не

требующие реконструкции объекта, оказывающего негативное воздействие на окружающую среду.

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

Раздел 7: дана информация о новых и перспективных техниках.

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

Раздел 9: библиография.

1. Общая информация

Химическая промышленность – отрасль промышленности, включающая производство продукции из углеводородного сырья путем его химической переработки

Особенность современной химической промышленности – ориентация наукоемких производств (фармацевтического, полимерных материалов, реагентов и др.) и продукции парфюмерно-косметической, бытовой химии и т.д. для обеспечения повседневных нужд человека и его здоровья.

1.1. Структура отрасли по производству основных органических химических веществ и полимеров, технико-экономические показатели

Основной органический синтез – промышленное многотоннажное производство органических веществ на основе углеводородсодержащего сырья из природных ископаемых и из возобновляемых источников.

По своей химической природе продукты основного органического синтеза – это углеводороды, бензол и его гомологи, их галогенпроизводные, спирты и фенолы, оксиды олефинов, альдегиды и кетоны, карбоновые кислоты и их производные, нитросоединения, амины, нитрилы.

По своему назначению это промежуточные вещества для синтеза других товарных продуктов, мономеров для производства полимеров, экстрагентов, пластификаторов, поверхностно-активных веществ, растворителей, пестицидов, синтетического топлива, присадок. [6].

Полимеры – это неорганические и органические, аморфные и кристаллические вещества, состоящие из повторяющихся "мономерных звеньев", соединенных в длинные макромолекулы молекулярной массой от нескольких тысяч до нескольких миллионов химическими или координационными связями. Полимеры образуются из мономеров в результате реакций полимеризации или поликонденсации. Мономеры, принадлежащие в основном к группе органических веществ массового производства, преимущественно получают из нефтехимического сырья (сырой нефти или газа), при производстве фторполимеров (фторопластов и фторкаучуков) используют винилиденфторид, трифторхлорэтилен, тетрафторэтилен, гексафторпропилен, этилен. Исключение составляют целлюлозные материалы, производимые из волокон хлопка

или шерсти, либо биоразлагаемые продукты, являющиеся результатом переработки возобновляемого сырья [7].

По итогам 2022 года производство химической продукции в Казахстане увеличилось по сравнению с 2021 годом и достигло более 900 млрд. тенге [10]. Это один из самых высоких показателей за последние годы. На производство органических химических веществ приходится 11,1 %. Остальной объем приходится на продукты нефтехимии (32,9 %), удобрения (12,4 %) и иные (43,6 %).

Доля химической отрасли в общем объеме инвестиций в промышленность составила 3,2 %, в обрабатывающей промышленности ее доля 15 %. В 2022 году в химической отрасли Казахстана было введено 10 проектов общей стоимостью 54,6 млрд. тенге. А, в 2023 году было введено еще 14 проектов на общую сумму 58,1 млрд. тенге. В том числе заводы по производству эмульсионных взрывчатых веществ, растворителей, химических реагентов для металлургической отрасли.

Химическая отрасль занимает вторую строчку в общей сумме импорта после продукции машиностроения.

Наибольшую долю в общем объеме импорта химической отрасли занимают полиэтилен, реагенты диагностические или лабораторные, готовые связующие вещества для производства литейных форм, поливинилхлорид и иные. В ближайшей перспективе в Казахстане планируется увеличение производства полипропилена, запуск производства поливинилхлорида [11].

1.2. Производственные мощности, выпускаемая продукция

К видам химических веществ и продуктов, рассматриваемых в рамках данного справочника по НДТ, производимым в Казахстане, относятся:

вещества химические, органические, основные и прочие;
пластмассы в первичных формах.

К 2017 году произведено 581 791 тонн химических веществ и продуктов. Основные неорганические химические вещества имеют наибольший объем производства и составляют 426 345 тонн (73,2 % от общего объема).

В период с 2021 – 2022 годы производство химических веществ и продуктов составило порядка 4 млн. тонн, из которых более 70 % составляют неорганические химические вещества и продукты. К производимым органическим веществам относятся этиловый спирт, полимеры стирола, полиуретаны, краски и лаки на основе полимеров..

К примеру, объем производства полимеров стирола прочих в первичных формах составил 1 534 тонн [12].

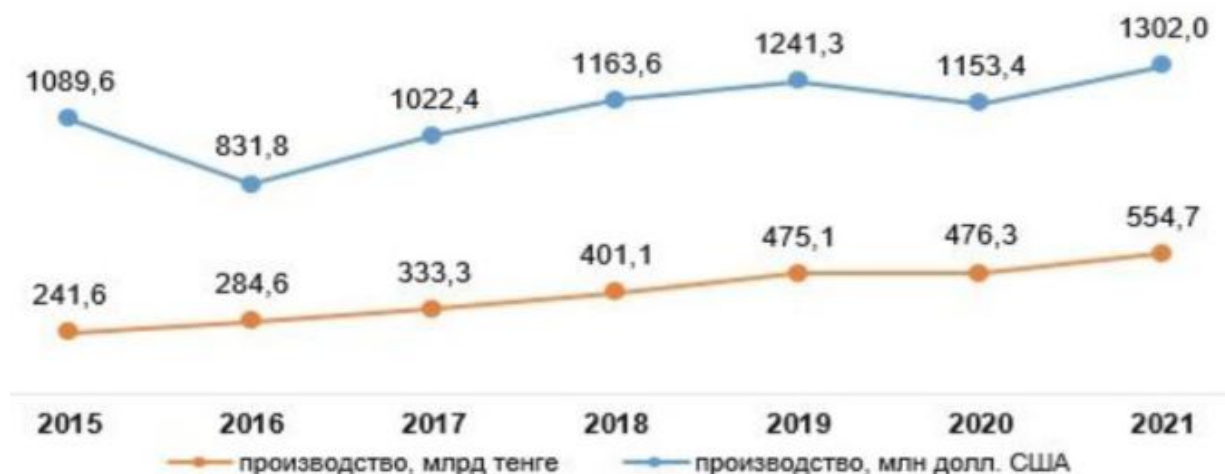
За последние десять лет в Казахстане расширился ассортимент выпускаемой химической продукции: в стране начали производить полипропилен, косметические средства и многое другое [13].

Таблица 1.1. Объем производства органических веществ в Казахстане, тонн

№ п/п	Продукция	2022 год	2021 год	Динамика, % (к 2021 году)
1	2	3	4	5
1	Полимеры стирола прочие в первичных формах	1 534	1 366	112,3
2	Полиуретаны в первичных формах	6 383	7 084	90,1
3	Краски и лаки прочие на основе полимеров	86 032	82 348	104,5
4	Средства моющие и чистящие, средства м о ю щ и е вспомогательные, кроме средств поверхностно-актив- ных, расфасованные для торговли розничной	16 537	13 091	126,3

Согласно данным БНС АСПР РК, за период январь – декабрь 2020 года объем химического производства вырос рекордно и в стоимостном выражении составил 476,3 млрд. тенге.

За период 2021 года наибольшая доля отраслевого производства приходится на сектор "химикаты для промышленности" – 65,4 %.



Источник: БНС АСПР РК

Рисунок 1.1. Производство в химической отрасли

Ежегодно растет объем инвестиций в химическую промышленность. С 2015 года сумма ежегодных инвестиций выросла в 8,3 раза. В 2021 году в развитие отрасли было вложено 462,6 млрд. тенге.

В период 2015 – 2021 года запущено 65 новых отраслевых производств. Развивается казахстанское производство таких новых видов химической продукции – бензола, параксилола, биоэтанола, композитных коагулянтов.

На основании открытых данных, в региональном разрезе размещение крупных и средних химических предприятий представлено следующим образом [14]:

в Южном Казахстане расположены предприятия по производству средств бытовой химии, лаков и красок, в Алматинской области запущен проект по производству смазочных масел мощностью в 100 тыс. тонн ТОО "Лукойл Лубрикантс Центральная Азия", проект по производству парфюмерно-косметических средств ТОО "Шугыла Шунгит" [15], проект по производству алкидной и полиуретановой смолы ТОО "Eurotech Industries LTD";

в Северном Казахстане расположено предприятие по производству МТБЭ и полипропилена – ТОО "Компания "Нефтехим LTD";

в Западном Казахстане расположено предприятие по производству полимеров – ТОО "Kazakhstan Petrochemical Industries Inc.";

в Центральном Казахстане расположены предприятия по производству лаков и красок, средств защиты растений и бытовой химии. В данном регионе республики размещено наибольшее количество химических предприятий в Карагандинской области – ТОО "Максам Казахстан", ТОО "Вертекс- Инициатив", ТОО "Эгофом", ТОО "Alian Paint", ТОО "Гербициды", ТОО "Прогресс-Сельхозхим" и другие [16].

1.3. Ресурсы и материалы

Основной органический синтез зародился на базе химической переработки продуктов коксования каменного угля [6]. Кроме углеводородов, СО и синтез-газа, иными сырьевыми составляющими в процессах основного органического синтеза являются водород, кислород, минеральные кислоты (серная, азотная, фосфорная), щелочи, аммиак, оксиды серы и др.

Для производства МТБЭ используются:

1) изобутилен. Изобутилен является основным сырьем для производства МТБЭ. Изобутилен взаимодействует с метанолом в присутствии кислого катализатора для образования МТБЭ;

2) метанол. Метанол реагирует с изобутиленом для получения МТБЭ;

3) катализаторы. Кислые катализаторы, такие, как ионообменные смолы или твердые кислоты (например, серная кислота, фосфорная кислота), используются для ускорения реакции между изобутиленом и метанолом. Катализаторы помогают снизить энергию активации реакции и повысить выход МТБЭ.

Исходным сырьем для получения полимеров [7] являются сырая нефть, попутный и заводской углеводородные газы. Нефть разделяют на фракции (углеводороды определенной молекулярной массы) и далее используют в синтезе необходимых

мономеров. Продукцию переработки нефти и газа на газоперерабатывающих заводах (широкую фракцию легких углеводородов) разделяют на индивидуальные углеводороды на газофракционирующих установках и далее их также используют в синтезе необходимых мономеров.

Для производства пропилена используются:

1) пропан. Пропан получают как побочный продукт в процессе переработки нефти и природного газа. Пропан дегидрируется до пропилена в процессе, известном как пропан-дегидрирование, где пропан разлагается на пропилен и водород;

2) этилен. Этилен также производится из нефти и природного газа путем крекинга. В некоторых методах, таких, как метатезис олефинов, этилен используется вместе с бутенами для получения пропилена;

3) бутены. Бутены являются побочным продуктом нефтепереработки и крекинга. Метатезис олефинов включает реакцию этилена с бутенами для получения пропилена;

4) катализаторы. Металлокомплексные катализаторы на основе рутения, молибдена и других металлов используются в процессах метатезиса олефинов и дегидрирования пропана. Катализаторы помогают ускорить реакции, снизить температуру и давление процесса, кроме того повысить выход целевого продукта.

Основным методом получения пластмасс и синтетических каучуков является полимеризация диенов и олефинов (алкенов). Наиболее широко в качестве мономеров в процессе производства используются бутадиен, изопрен, стирол, α -метилстирол, акрилонитрил, хлоропрен, изобутилен, этилен, пропилен и др.

1.4. Энергоэффективность

Для производства органических веществ необходима энергия, включая экзотермические процессы. Спрос на энергию зависит от местной ситуации, интегрирована ли установка в более крупный комплекс, где, требуется пар низкого давления, или нет. Таким образом, необходимо учитывать обмен энергией между различными установками [17].

В современных условиях мировой экономики ключевое значение имеет энергосбережение и повышение энергоэффективности, как наиболее рентабельное направление. Энергоэффективность в производстве основных органических химических веществ и полимеров играет важную роль в современной промышленности и направлена на снижение потребления энергии и оптимизацию процессов производства, что способствует экономии ресурсов и снижению воздействия на окружающую среду.

Химическая промышленность Казахстана остается весьма энергоемкой отраслью в структуре конечного энергопотребления. Согласно данным Государственного

энергетического реестра, по итогам анализа заключений энергетических аудитов средний потенциал энергосбережения и повышения энергоэффективности определен на уровне 10 %.

Существует несколько походов достижения энергоэффективности в области органической химии и полимеров. Один из них – внедрение современных технологий и методов производства, которые позволяют сократить энергозатраты. Например, применение катализаторов, ускоряющих химические реакции, снижает требуемые для синтеза веществ температуру и давление, что в свою очередь сокращает энергетические затраты.

Другой подход – использование возобновляемых источников энергии. Промышленные предприятия устанавливают солнечные панели или ветрогенераторы для генерации электричества для использования в процессе производства. Такой подход позволяет снизить зависимость от ископаемых видов топлива и снизить эмиссии в окружающую среду.

Эффективное использование материалов играет ключевую роль в современных производственных процессах. Необходимо стремиться к минимизации потерь сырья и отходов, что включает в себя повышение уровня переработки и повторного использования материалов, а это в свою очередь способствует значительному сокращению потребления энергии на всех этапах производства.

Один из основных способов повышения энергоэффективности – оптимизация производственного процесса (комплекс мероприятий, направленных на совершенствование и улучшение работы технологического оборудования, такого, как реакторы и дистилляционные колонны).

Технические параметры, которые необходимо учитывать при оптимизации, включают модернизацию реакторов (улучшение теплообмена, использование катализаторов с более высокой активностью, автоматизация и контроль параметров реакции); оптимизацию дистилляционных колонн (установка более эффективных контактных устройств – тарелок или насадок, улучшение теплоизоляции, внедрение систем тепловой рекуперации); снижение потерь сырья (использование технологий, позволяющих максимально извлекать полезные компоненты из сырья, и уменьшение объемов отходов); повышение уровня переработки; автоматизацию и контроль процессов.

Отходящее тепло, выделяемое при различных технологических процессах, , как реакции синтеза и дистилляции, используется для подогрева сырья или других потоков в процессе производства. Для этого применяются теплообменники, которые передают тепло от отходящих потоков к входящим потокам.

Снижение потребления энергоресурсов (тепла: водяного пара и/или горячей воды, электроэнергии, инертных газов и др.) путем организации рециклов, внедрения

наиболее эффективных конструкций теплообменных аппаратов, горелок в технологических печах.

Кроме того, специальные программы и сертификации, как стандарт энергоменеджмента, позволяют предприятиям оценить и улучшить энергоэффективность своих процессов. Это включает в себя мониторинг энергопотребления, разработку и внедрение энергосберегающих мероприятий и обучение персонала.

Ниже приводятся данные потребления энергоресурсов предприятия химической отрасли Республики Казахстан за период 2016 – 2023 годы, полученные в рамках проведенного комплексного технологического аудита.

Таблица 1.2. Данные о потреблении энергоресурсов, тыс. тонн условного топлива

№ п/п	Наименование	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Предприятие 1	23187	21357	22205	-	-	31993	28275	29645

Доля энергопотребления Предприятия 1 от общего энергопотребления промышленного сектора составляет 0,16 % или 20751,5 тонн нефтяного эквивалента.

1.5. Основные экологические проблемы отрасли

К факторам негативного воздействия на окружающую среду при производстве органических химических веществ относятся выбросы в атмосферу, сточные воды, побочные продукты и факторы негативного воздействия.

1.5.1. Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух

Рассматриваемая отрасль отличается низкоэмиссионностью. К основным загрязняющим веществам, выбрасываемым в атмосферу, относятся углеводороды, оксиды азота, оксид углерода.

При производстве МТБЭ потенциальные эмиссии включают углеводороды (сбросы давления в емкостях, вентиляционные отверстия для удаления пара на поглотителях и катализаторе реактора и др.) [18]. Основные выбросы ЛОС происходят преимущественно из неорганизованных источников [19].

Таблица 1.3. Выбросы при производстве МТБЭ

№ п/п	Загрязняющее вещество	2021 год, предприятие РК	Предприятия РФ	
1	Всего (кг),	1036,7		кг/тонну
2	в т.ч.:	кг	кг/тонну	
3	метанол	339,6	0,019	0,02-0,06
4	МТБЭ	81,4	0,0046	0,03-0,11
5	с м е с ь углеводородов предельных C1-C5	615,7	0,0346	0,005-0,39
6	изобутан	-	-	0,18-0,21

При производстве пропилена эмиссии включают углерод оксид, алканы C12-C19, смесь углеводородов предельных C6-C10, азота диоксид. Пропилен -промежуточный продукт для получения концентрированного пропилена и далее полипропилена.

Таблица 1.4. Выбросы при производстве пропилена, тонн/год

№ п/п	Загрязняющее вещество	2021 год, предприятие РК
1	тонн/год	
2	Углерод оксид	0,9
3	Алканы C12-19	0,4
4	Смесь углеводородов предельных C6-C10	0,4
5	Азота диоксид (IV)	0,1

При производстве полипропилена, концентрированного пропилена загрязняющими веществами являются пропилен, оксид углерода, окислы азота и метан.

Таблица 1.5. Выбросы при производстве полипропилена

№ п/п	Загрязняющее вещество	2021 год, предприятие РК	Предприятия Европы	Предприятия РФ	
1	Всего (кг),	21174,33			
2	в т.ч.:	кг	кг/тонну	кг/тонну	кг/тонну
3	пропилен	14403,9	0,3	0,6-2,4	2,0
4	углерод оксид	5814	0,1	-	0,05
5	диоксид азота	697,7	0,01	-	-
6	оксид азота	113,4	0,002	-	-
7	метан	145,4	0,003	-	-
8	взвешенные вещества (пыль полипропилена)	-	-	0,03-0,09	0,05
9	уксусная кислота	-	-	-	0,02
10	Удельный выброс, кг/тонн	0,437		-	-

При производстве гранулированного полипропилена, полипропиленовых изделий основными загрязняющими веществами являются углерода оксид и уксусная кислота.

Таблица 1.6. Выбросы при производстве гранулированного полипропилена, полипропиленовых изделий

№ п/п	Загрязняющее вещество	Производство гранулированного ПП	Производство полипропиленовых изделий		
1	2	3	4		
1	ед.изм.	кг	кг/тонн	кг	кг/тонн
2	углерод оксид	9560,3	0,03-0,2	3248,7	0,06
3	уксусная кислота	14340,4	0,002-0,3	1662,7	0,03

4	пропан-1-ол	-	-	15711,5	0,3
5	этилацетат	-	-	5437,9	0,1
6	пропан-2-ол	-	-	3580,9	0,07
7	пропилацетат	-	-	0,002	0
8	бутан-1-ол	-	-	5580,1	0,11
9	бутилацетат	-	-	7453,7	0,14
10	метилбензол	-	-	1059,1	0,02
11	этанол	-	-	1513,1	0,03
12	2-этоксиэтанол	-	-	37077,7	0,7
13	пропан-2-он	-	-	9795,9	0,18

1.5.2. Сбросы загрязняющих веществ в водные объекты

Наличие на предприятиях других стран установок для очистки сточных вод позволяет предупредить попадание загрязняющих веществ в водоемы. Кроме того, очищенная вода возвращается в производство путем организации водооборотных циклов, в результате чего сократится потребление воды.

На предприятиях химической отрасли Республики Казахстан сброс сточных вод в водные объекты не осуществляется. Промливневые сточные воды на Предприятии 1 передаются в канализационную систему сторонней организации.

В качестве справочной информации приводятся мониторинговые данные по составу сточных вод соответствующих производств в Республике Казахстан и сравнение с требованиями к сточным водам аналогичных производств России и стран ОЭСР.

Таблица 1.7. Сточные воды при производстве МТБЭ и полипропилена

№ п/п	Продукция	Загрязняющее вещество	Предприятие РК	Предприятия Европы	Предприятия РФ
1	МТБЭ	Нефтепродукты, мг/дм ³	1,28		0,11-0,3
2		рН, ед	7,39		6,0-9,0
3		ХПК		50-200 мг/л	1,1-1,5, кг/МТБЭ
4		Метанол, мг/дм ³	<0,5		
5		Взвешенные вещества, мг/дм ³	1,1-19,7		
6	ПП	Нефтепродукты, мг/дм ³	1,28		0,03
7		Взвешенные вещества, мг/дм ³	1,1-19,7		2,1
8		Сухой остаток, кг/т			3,3
9		ХПК		19-30 г/тонну	1,3 кг/т
10		рН, ед	7,39		8-9

11	Метанол, мг/дм ³	<0,5		
----	-----------------------------	------	--	--

На Предприятии 2 сточные воды, образующиеся при производственной деятельности передаются согласно заключенным договорам на очистные сооружения сторонней организации. В собственности Предприятия 2 очистные сооружения отсутствуют, мониторинг сточных вод не предусмотрен.

1.5.3. Отходы производства

Образующиеся отходы на Предприятии 1 передаются по договору в сторонние специализированные организации, часть образующихся остатков возвращается в производство. Для утилизации этого вида отхода на территории предприятия предусмотрена установка по вторичной переработке.

Образуются следующие виды отходов: отработанные адсорбенты; отработанная щелочь; песок, загрязненный нефтепродуктами; канализационный осадок; отработанные катализаторы (передается сторонней организации); полимерные отходы; отходы и лом черных металлов; отработанные масла; металлическая тара; загрязненные поглощающие и фильтрующие материалы; отработанные каплеуловители; бумажная тара; загрязненные упаковочные материалы лакокрасочных материалов (далее – ЛКМ); ветошь, загрязненная ЛКМ. Кроме того, на предприятии образуются коммунальные отходы (твёрдо-бытовые), смет с территории предприятия.

В качестве справочной информации, фактическое образование отходов за 2021 год на предприятиях Республики Казахстан составило 950 тонн, из которых 529 тонн остатков, содержащих полимерные составляющие, возвращены в производство.

На Предприятии 2 программа управления отходами включает следующие основные этапы: накопление отходов на месте их образования, транспортировка отходов. К основным образующимся отходам относятся использованные упаковочные материалы; остатки, содержащие углеводороды; химические отходы твердые и жидкие.

При эксплуатации предприятия используется следующая система управления отходами: строгий учет образования отходов на всех производственных объектах; накопление отходов осуществляется на месте их образования согласно нормативным документам Республики Казахстан. Для накопления отходов оборудованы специальные площадки, установлено необходимое количество контейнеров; ведется паспортизация отходов; транспортировка отходов; передача специализированным организациям.

1.5.4. Физические воздействия

Шум и вибрация являются общераспространенными проблемами, связанными с химической отраслью, а их источники встречаются практически во всех стадиях технологического процесса. Производственный шум, излучаемый установкой в окружающую среду, является фактором негативного воздействия, имеющим медицинские, социальные и экономические аспекты.

Значительными источниками шума и вибрации являются:

1) механическое оборудование (экструдеры и мельницы: высокий уровень шума и вибрации из-за вращающихся частей и трения; компрессоры и насосы создают значительные уровни шума и вибрации при работе);

2) процессы транспортировки и смешивания (конвейеры: перемещение материалов по конвейерам может вызывать шум и вибрацию; смесители и блендеры: вращение и трение в смесителях производят шум и вибрацию);

3) термическая обработка (реакторы и печи: оборудование для нагрева и охлаждения может быть источником значительного шума).

Шум и вибрация измеряются несколькими способами, как правило, они являются специфическими для каждого технологического процесса, учитывая частоту звука и местоположение населенных пунктов от производственной площадки.

Последствия шума и вибрации:

1) влияние на здоровье работников;

2) влияние на оборудование (износ и повреждения – вибрации ускоряют износ деталей и могут привести к поломкам оборудования; снижение эффективности – шум и вибрация могут снижать точность и эффективность работы оборудования).

Надлежащее техническое обслуживание способствует предотвращению разбалансировки оборудования, например, вентиляторов и насосов. К общим способам снижения шума можно отнести:

использование экранов для экранирования источника шума;

использование корпусов из звукопоглощающих конструкций для установок или компонентов, издающих шум;

использование антивибрационных опор и соединителей для оборудования;

тщательная настройка установок, издающих шум;

изменение частоты звука;

регулярное обслуживание и смазка движущихся частей для уменьшения трения и шума.

1.5.5. Запах

Существуют несколько потенциальных источников запаха в химической отрасли. Значительными являются щелочные пары, органические масла и растворители, химические реагенты и др. К источникам запахов относятся:

летучие органические соединения (т.е. стирол, формальдегид, бензол и ацетон часто используются в производстве и испаряются в атмосферу, создавая сильные запахи). Источник: выбросы из реакторов, хранилищ, оборудования для сушки и транспортировки;

процессы полимеризации и обработки. Во время полимеризации и последующей обработки полимеров (например, экструзия) выделяются запахи, связанные с распадом мономеров и добавок;

использование растворителей, обладающих запахами. Источник: очистка оборудования, производство растворимых полимеров.

Мероприятия, направленные на предотвращение образования и распространения запахов, заключаются в следующем:

надлежащее хранение и обращение с пахучими материалами;

тщательное проектирование, эксплуатация и техническое обслуживание любого оборудования, которое может выделять запахи;

сведение к минимуму использования пахучих материалов.

Запахи предотвращаются герметичными конструкциями, выбором реагентов и правильной обработкой материалов.

Основными принципами контроля запахов являются:

предотвращение или минимизация использования материалов, являющихся источником запаха;

содержание и извлечение пахучих материалов и газов до их диспергирования и разбавления;

обработка, возможно, дожиганием или фильтрованием.

2. Методология определения наилучших доступных техник

Процедура определения НДТ для области применения настоящего справочника по НДТ организована Международным центром зеленых технологий и инвестиционных проектов в лице Бюро НДТ (далее – Центр) и ТРГ в соответствии с положениями Правил.

В рамках данной процедуры учтена международная практика и подходы к определению НДТ, основанные на руководстве по определению НДТ и установлению уровней экологической эффективности для выполнения условий получения экологических разрешений на основе НДТ.

2.1. Детерминация, принципы подбора НДТ

Определение НДТ основано на принципах и критериях в соответствии с требованиями Экологического кодекса Республики Казахстан, а также на соблюдении последовательности действий ТРГ по вопросам разработки справочника по НДТ:

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

Для каждого технологического процесса производства основных органических химических веществ и полимеров определен перечень маркерных веществ (детальная информация приведена в разделе 6 настоящего справочника по НДТ).

Метод определения перечня маркерных веществ основывался преимущественно на изучении проектной, технологической документации и сведений, полученных в ходе проведенного КТА предприятий в области применения настоящего справочника по НДТ.

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

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

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

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

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

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

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

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

1) оценка техники-кандидата по параметрам технологической применимости;

2) оценка техники-кандидата по параметрам экологической результативности.

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

атмосферный воздух: предотвращение и (или) сокращение выбросов;

водопотребление: сокращение общего водопотребления;

сточные воды: предотвращение и (или) сокращение сбросов;

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

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

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

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

шум, вибрация, электромагнитные и тепловые воздействия: снижение уровней воздействия;

учитывались отсутствие или наличие кросс-медиа эффектов.

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

Техники-кандидаты из перечня НДТ, представленные в утвержденных аналогичных справочниках по НДТ, официально применяемых в государствах, являющихся членами ОЭСР, на предмет экологической результативности не оценивались;

3) оценка техники-кандидата по параметрам экономической эффективности.

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

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

4) определение технологических показателей, связанных с применением НДТ.

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

2.2. Критерии отнесения техник к НДТ

В соответствии с пунктом 3 статьи 113 Экологического кодекса Республики Казахстан критериями определения НДТ являются:

использование малоотходной технологии;

использование менее опасных веществ;

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

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

технологические прорывы и изменения в научных знаниях;

природа, влияние и объемы соответствующих эмиссий в окружающую среду;

даты ввода в эксплуатацию для новых и действующих объектов;

продолжительность сроков, необходимых для внедрения НДТ;

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

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

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

информация, опубликованная международными организациями;

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

2.3. Экономические аспекты применения НДТ

2.3.1. Подходы к экономической оценке НДТ

Наилучшие доступные техники, порядок их применения, преимущества и недостатки, широко известны в отраслевых сообществах. НДТ является приемлемой, если имеются однозначные свидетельства/примеры результатов ее успешной промышленной эксплуатации. Странами ЕС при определении НДТ учитываются технологии, вышедшие на этап промышленной эксплуатации, и природоохранная эффективность которых подтверждена практически.

Детальный экономический анализ использования НДТ является дополнительным критерием для принятия решения о целесообразности внедрения или его отклонении от внедрения НДТ, когда существуют достаточные основания полагать, что НДТ является чрезмерно дорогостоящей.

По результатам общей эколого-экономической оценки НДТ подлежат ранжированию:

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

экономически эффективные при определенных условиях – когда техника приводит к увеличению затрат, но дополнительные расходы считаются приемлемыми для

экономических условий предприятия и находятся в разумной пропорции к полученным экологическим выгодам;

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

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

Переход на принципы НДТ осуществляется на экономически приемлемых для предприятия условиях, не снижать его экономической эффективности и критически не ухудшать финансового состояния в прогнозируемом периоде. Общая экономическая эффективность и осуществимость реализации НДТ определяется финансово-экономическими условиями конкретного предприятия.

При экономической оценке НДТ следует учитывать возможность внедрения таких проектов в масштабах всей отрасли, при этом сохраняя текущий уровень эффективности и рентабельности производства в долгосрочной, среднесрочной и краткосрочной перспективе. НДТ признается применимой на отраслевом уровне, если возможность ее реализации, с учетом общих финансовых затрат и экологических выгод, существует в масштабе, достаточном для широкого внедрения в данной отрасли.

Для НДТ, требующих значительных инвестиционных капитальных вложений, определяется разумный баланс между запросом гражданского общества на реализацию природоохранных мероприятий в целях снижения негативного воздействия на окружающую среду и здоровье человека и инвестиционными возможностями оператора объекта. При этом оператор объекта несет ответственность за обоснование условий, требующих применения особого режима к процессу внедрения НДТ.

2.3.2. Способы экономической оценки НДТ

Экономическая оценка эффективности внедрения НДТ осуществляется различными способами:

- по инвестиционной обоснованности затрат;

- по анализу затрат и выгод;

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

- по соотношению затрат и достигаемого экологического эффекта.

Каждый способ экономической оценки отражает результат реализации мероприятий по охране окружающей среды на различные аспекты производственно-экономической и природоохранной деятельности предприятия и является дополнительным источником принятия решения по НДТ. Оператор объекта

применяет наиболее приемлемый, с учетом отраслевой и производственной специфики, способ экономической оценки НДТ или их сочетание.

2.3.2.1. Инвестиционная обоснованность затрат

НДТ (особенно направленные на защиту окружающей среды) не всегда связаны с коммерческой деятельностью, направленной на получение прибыли, и в процессе инвестиционного анализа проекта внедрения НДТ дисконтированные денежные потоки могут быть отрицательными.

Применимость НДТ определяется в том числе инвестиционной обоснованностью затрат на технологии и оборудование, стоимостью капитала, периодом окупаемости, ценами на сырье и материалы и другими факторами.

С точки зрения доходности инвестиций НДТ оцениваются как:

- прибыльные – при получения дополнительных доходов от их реализации или экономии финансовых средств;

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

- неприбыльные и чрезмерные по своим финансовым затратам;

- достигающие разумной экологической пользы по сравнению с затратами;

- имеющие необоснованно высокие затраты по сравнению с достигнутым экологическим эффектом.

2.3.2.2. Анализ затрат и выгод

Помимо достигаемого экологического эффекта, применение НДТ дает снижение потребления физических природных ресурсов – сырья, топлива, электроэнергии, тепла, воды и т.д., представленных в денежном выражении. В этом случае НДТ оценивается с точки зрения полученных выгод от ее применения по сравнению с понесенными издержками.

Кроме того, результатом внедрения НДТ являются дополнительные источники доходов: продажа очищенных стоков воды для нужд ирригации и орошения, иловых отложений накопителей в сельском хозяйстве, уловленных компонентов выбросов; возвращение вторичных ресурсов и твердых минеральных образований в технологический процесс или их использование для нового производства и иные.

Общие экономические выгоды использования НДТ могут превысить затраты и стать стимулирующим фактором для ее реализации.

2.3.3. Соотношение затрат и ключевых экономических показателей

Для определения целесообразности инвестиций в мероприятия по охране окружающей среды анализируется соотношение расходов на НДТ и иных ключевых

производственно-экономических результатов деятельности предприятия: валовый доход, оборот, операционная прибыль, себестоимость и иные.

При данном анализе применяются шкалы справочных значений, полученных по результатам анкетирования предприятий ЕС, которые ранжируют соотношения на три категории:

приемлемые затраты – если инвестиционные расходы незначительно влияют на ключевые показатели доходности и эти затраты можно считать приемлемыми без дальнейшего обсуждения;

обсуждаемые – средние затраты, когда представляется затруднительным или невозможным дать четкую оценку целесообразности инвестиций и результат требует рассмотрения с учетом дополнительных факторов;

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

Шкала значений определена Центром по НДТ Фламандского института технологических исследований (Бельгия) в ходе разработки модели по экономической оценке НДТ. Данные для модели получены из специальной литературы, дополнены сведениями по конкретным компаниям и поставщикам. Проведено усреднение годовых отчетов по репрезентативной выборке компаний, бухгалтерский баланс "усредненной" компании использован для расчета необходимых экономических показателей и финансовых коэффициентов.

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

№ п/п	Соотношение годовых затрат и инвестиций на НДТ к ключевым показателям деятельности	Приемлемые	Обсуждаемые	Неприемлемые
1	Затраты/оборот (выручка)	< 0,5 %	0,5 – 5 %	> 5 %
2	Затраты/годовой доход операционная прибыль)	< 10 %	10 – 100 %	> 100 %
3	Затраты/добавленная стоимость	< 2 %	2 – 50 %	> 50 %
4	Начальные инвестиции/общий объем инвестиций	< 10 %	10 – 100 %	> 100 %

Под начальными инвестициями понимается объем финансирования в первый год реализации проекта НДТ, общий объем инвестиций – инвестиции за весь период реализации проекта НДТ.

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

Вместе с тем, ввиду большого интервала значений внутри категории "обсуждаемые" значительная часть природоохранных инвестиций попадают в этот диапазон, делая их достаточно неопределенными для однозначного вывода об обоснованности вложений. В таком случае, помимо условий, существующих на конкретном предприятии, целесообразность инвестиций должна оцениваться с учетом дополнительных факторов отрасли, таких как срок реализации проекта по внедрению НДТ, общий объем инвестиций в охрану окружающей среды, текущая рыночная и финансовая ситуация и иные.

В целом, шкала справочных значений рассматривается как оценочный ориентир, применимый в большинстве случаев оценки НДТ, и используется для построения диапазонов применения НДТ с учетом финансово-экономического состояния конкретного предприятия.

2.3.4. Прирост себестоимости

Существенным фактором для определения применимости НДТ являются дополнительные затраты, которые предприятие может понести при внедрении техники в текущий производственный процесс, так как внедрение НДТ увеличивает себестоимость продукции и снижает потенциал НДТ с точки зрения экономической эффективности.

Процентное соотношение годовых затрат на внедрение НДТ и общей производственной себестоимости продукции выражает прирост себестоимости с учетом дополнительных расходов предприятия на НДТ. Определение прироста себестоимости позволяет сравнить затраты на внедрение НДТ с производственной себестоимостью конечной продукции и выяснить какое влияние НДТ оказывает на маржинальность бизнеса компании.

2.3.5. Соотношение затрат и экологического результата

Одним из основных способов экономической оценки НДТ являются анализ расходования денежных средств на внедрение НДТ и достигаемый экологический результат от ее внедрения в виде снижения/предотвращения эмиссии загрязняющих веществ и/или сокращения/предотвращения отходов. Относительное соотношение данных годовых величин определяет эффективность затрат на НДТ на единицу массы/объема сокращаемого загрязняющего вещества и/или отходов в годовом исчислении.

$$\text{Эффективность затрат} = \frac{\text{Годовые затраты}}{\text{Годовое сокращение эмиссии}}$$

Под годовыми затратами понимается сумма капитальных (инвестиционных) затрат, распределенных по всему сроку службы НДТ в годовом исчислении, и операционных (эксплуатационных) расходов. Пересчет капитальных затрат в годовом исчислении производится коэффициентом годового пересчета (как функции срока службы НДТ и ставки дисконтирования, которая зависит от условий финансирования проекта и устанавливается предприятием самостоятельно в зависимости от источников собственных (в этом случае применим в том числе уровень инфляции) или кредитных ресурсов), который в экономическом смысле представляет собой норму линейной амортизации основных средств (Амортизация – постепенный перенос затрат, понесенных для приобретения или строительства объекта основных средств на себестоимость готовой продукции, товаров, работ или услуг. Амортизационные отчисления компенсируют денежные средства, расходуемые предприятием на основные средства, и осуществляются в течение всего срока их эксплуатации. Линейный метод амортизации подразумевает списание стоимости основных средств одинаковыми пропорциональными частями на протяжении срока службы.).

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

Для правильного определения годовых затрат на НДТ обеспечивается достаточная детализация инвестиционных капитальных вложений и распределение операционных расходов по соответствующим статьям затрат.

При расчете годовых затрат применяется формула:

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

где:

I_0 – первоначальные инвестиции в первый год реализации проекта;

ОС – годовые операционные расходы;

r – ставка дисконтирования;

n – ожидаемый срок службы.

Результат соотношения годовых затрат к достигнутому экологическому результату выражает объем денежных средств, расходуемых на уменьшение эмиссий загрязняющего вещества на единицу массы/объема. Сравнение результатов расчетов по различным НДТ позволяет оператору НДТ определить, какой вариант экономически

более эффективна, и позволяет затратить меньше средств на одинаковое снижение эмиссий.

В качестве ориентировочных затрат приводится приемлемый уровень эффективности затрат мероприятий по сокращению выбросов на практике голландских предприятий [20].

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

№ п/п	Загрязняющее вещество	Затраты, евро/1 кг снижения выбросов загрязняющих веществ
1	ЛОС	5
2	Пыль	2,5
3	Окислы азота (NO _x)	5
4	Диоксид серы (SO ₂)	2,5

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

2.3.6. Платежи и штрафы за негативное воздействие на окружающую среду

Непосредственный анализ показателей экономической эффективности НДТ, является полезным расчетом платежей за эмиссии в окружающую среду, подлежащих к уплате за негативное воздействие на окружающую среду при наличии КЭР и при его отсутствии. Общий порядок и ставки платы за негативное воздействие на окружающую среду регулируются налоговым законодательством Республики Казахстан [21]. Вопросы применения экологических штрафов за нарушения в области охраны окружающей среды определены законодательством об административных правонарушениях [22].

Следует учитывать, к платежам, установленных налоговым законодательством на республиканском уровне, местным представительным органам (маслихат) предоставлено право повышать действующие ставки платы за негативное воздействие на окружающую среду в пределах соответствующих административных единиц [23].

В целях стимулирования внедрения и применения НДТ на законодательном уровне приняты определенные регулирующие меры. В частности, для предприятий, получивших комплексное экологическое разрешение, устанавливается нулевой коэффициент к ставкам платежей в бюджет, подлежащих к уплате за негативное воздействие на окружающую среду [24].

Начиная с 2025 года для активной реализации субъектами промышленности мероприятий по защите окружающей среды и применения НДТ при отсутствии комплексного экологического разрешения к действующим ставкам платы за негативное

воздействие на окружающую среду по предприятиям I группы [25] применяется повышающий коэффициент 2 (двукратное увеличение платежей), с 2028 года – коэффициент 4 и с 2031 года – коэффициент 8 [26].

Дополнительно за осуществление эмиссий, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, в том числе без экологического разрешения на действующий объект, налагается штраф в размере 20 000 % от соответствующей ставки платы в отношении превышенного количества загрязняющих веществ [27].

Применение НДТ с получением соответствующих экологических разрешений позволяет предприятиям достичь существенной экономии денежных средств по экологическим платежам и штрафам за негативное воздействие на окружающую среду.

2.4. Расчет "на установке"

Процесс реализации мероприятий по НДТ, особенно на крупных промышленных предприятиях, часто является составной частью общего процесса реконструкции или модернизации производства. Для исключения влияния инвестиционных и операционных расходов, которые оператор объекта несет в ходе данных процессов или реализации других инвестиционных проектов, сведения о затратах по сокращению негативного воздействия на окружающую среду должны представлять только ту часть затрат, которые расходуются исключительно на рассматриваемую НДТ.

Объективными данными являются данные о расходах на НДТ "на установке", направленные непосредственно на НДТ, сокращающие/предотвращающие эмиссии загрязняющих веществ и/или отходы в окружающую среду, которые реализуют технологии по их утилизации с помощью данной НДТ. При расчете "на установке" в общую сумму затрат включаются расходы на:

- основные технологии и оборудование;

- дополнительные/вспомогательные технологии и оборудование, являющиеся неотъемлемой частью НДТ;

- пред/после очистные сооружения, расходные материалы, сырье и реагенты, без которых применение НДТ невозможно технологически.

Расчет "на установке" позволяет исключить фактор неопределенности при классификации капитальных и операционных расходов оператора объекта и сравнивать затраты предприятия на альтернативные НДТ по сопоставимым показателям.

Расчеты по экономической эффективности НДТ осуществляются оператором объекта самостоятельно в рамках технико-экономического обоснования инвестиций, с учетом специфики и условий конкретного производства.

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

Настоящий раздел справочника по НДТ содержит описание основных технологических процессов и методов, а также их комбинаций, применяемых при производстве основных органических химических веществ и полимеров.

3.1. Производство метил-трет-бутилового эфира (МТБЭ)

МТБЭ – химическое вещество с химической формулой $\text{CH}_3\text{--O--C}(\text{CH}_3)_3$, один из представителей простых эфиров. МТБЭ, высокооктановый кислородосодержащий компонент, используется как добавка в бензины для улучшения ряда их эксплуатационных свойств, в том числе экологических (значительное снижение оксида углерода, углеводородов и ароматических соединений в выхлопных газах автомобилей). Добавление МТБЭ происходит компаундирование базовых бензинов и происходит повышение детонационной стойкости моторных топлив.

Сырьем для производства МТБЭ является метанол и ИИФ, БИФ и прочие.

Синтез МТБЭ протекает в жидкой фазе в мягких условиях в присутствии твердого кислотного катализатора. Катализатором преимущественно выступает сульфированная ионообменная смола. Температура реакции поддерживается на низком уровне и регулируется в довольно широких пределах.

На Предприятии 1 МТБЭ производится из смеси легких углеводородов с содержанием изобутилена и метанола.

Выпуск МТБЭ в период с 2017 по 2021 годы на Предприятии 1 представлен ниже.

Таблица 3.1. Количество выпускаемого МТБЭ, тыс.тонн.

№ п/п	Год выпуск	Метил-трет-бутиловый эфир (МТБЭ), тыс. тонн
1	2017	16,2
2	2018	18,5
3	2019	20,8
4	2020	18,3
5	2021	17,8

3.1.1. Основные технологические процессы

Технология производства МТБЭ состоит из следующих основных стадий:

подготовка сырья;

синтез МТБЭ;

выделение МТБЭ-ректификата (дебутанизация);

отмывка возвратной изобутановой фракции от метанола;

выделение метанола из метанольной воды, в отдельных случаях – термическое обезвреживание.

Технология производства. В качестве сырья-фракции С4 используется возвратная изобутан-изобутиленовая фракция (ИИФ) или бутилен-изобутиленовая фракция (БИФ) и метанол. Дозировку метанола устанавливают в зависимости от содержания изобутилена в БИФ (ИИФ).

Смешанный поток метанола и фракции С4 подогревается в теплообменнике до температуры 20 – 60 °С и поступает в параллельно работающие трубчатые реакторы синтеза МТБЭ.

Процесс синтеза МТБЭ ведется при давлении 0,78 – 1,28 МПа и температуре не более 70 °С в присутствии кислотного катализатора.

Реакция синтеза МТБЭ является обратимой и экзотермической, в связи с чем для снятия тепла реакции и поддержания температурного режима синтеза в межтрубное пространство реактора синтеза МТБЭ подается охлажденный до 40 – 65 °С паровой конденсат.

Реакционная смесь из нижней части реактора синтеза МТБЭ подается в ректификационную колонну, где отгоняют пары С4 углеводородов, содержащие метанол в виде азеотропной смеси, которая охлаждается в дефлегматорах оборотной водой до температуры 35 °С. Образующийся углеводородный конденсат возвращается в ректификационную колонну в виде флегмы, а балансовый избыток подается на водную отмывку фракции С4 от метанола в колонну отмывки. Несконденсированные углеводороды поступают в сепаратор, откуда газовая фаза (через емкость) стравливается на факел. Кубовый продукт ректификационной колонны, товарный МТБЭ, откачивается на склад.

Отработанные углеводороды поступают в колонну отмывки. Колонна работает под давлением, создаваемым парами углеводородов, которое находится в пределах 0,39 – 0,54 МПа. Отмытая отработанная фракция С4 от метанола с верха колонны отмывки поступает в емкость, где происходит отстой унесенной воды и откачивается потребителю.

Промывная вода из куба колонны отмывки подается в колонну на ректификацию, где при давлении верхом отгоняются пары метанола, конденсируются в дефлегматоре и собираются в емкости, откуда вода подается на орошение колонны в качестве флегмы, а избыток метанола возвращается в процесс синтеза МТБЭ. На некоторых установках метанольную воду ввиду ее малого количества целесообразно направлять на термическое обезвреживание.

Принципиальная блок-схема получения МТБЭ приведена на рисунке 3.1.

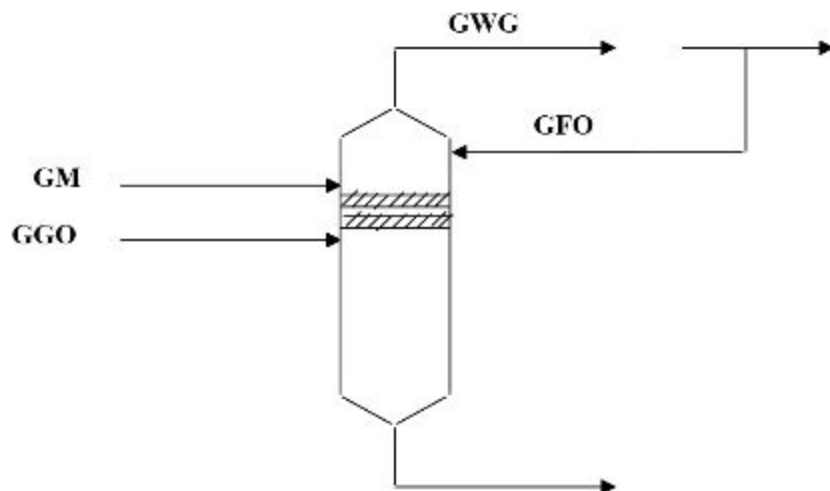


Рисунок 3.1. Принципиальная блок-схема реакторного блока получения метилтретбутилового эфира:

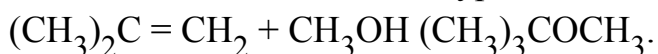
GGO – изобутиленсодержащая у/в. фракция (свежая и циркулирующая);

GM – метанол (свежий и циркулирующий);

GWG – пары отработанной у/в. фракции и метанола;

GFO – флегма (у/в.-метанольная фракция).

Производство МТБЭ основано на взаимодействии изобутилена с метанолом, протекающем в соответствии с уравнением:



К примеру, на казахстанском предприятии по производству МТБЭ, **участок приема метанола** предназначен для приема метанола, поступающего по железной дороге в вагонах-цистернах, его слива в промежуточный (сливной) резервуар и дальнейшей передачи по трубопроводу на завод МТБЭ и ПП для использования в качестве сырья при производстве МТБЭ, для налива МТБЭ в ж/д цистерны. Метанол в вагонах-цистернах поступает на железнодорожную эстакаду.

Слив осуществляется за счет давления азота, подаваемого в вагон-цистерну через отдельный трубопровод устройства верхнего закрытого слива. При превышении давления азота на линии установлен предохранительный клапан, сбрасывающий азот в атмосферу. На вагонах-цистернах имеются встроенные предохранительные клапаны, также сбрасывающие азот в атмосферу.

Метанол из цистерн через устройства верхнего закрытого слива поступает в промежуточный (сливной) резервуар. На линии выхода метанола из цистерн предусмотрены смотровые фонари для визуального контроля движения жидкости. При достижении уровня в резервуаре 70 % срабатывает световая и звуковая сигнализация, при достижении 80 % срабатывает блокировка, автоматически закрывается электрозадвижка, установленная на линии входа в резервуар. Для исключения

выбросов паров метанола в атмосферу в резервуаре предусмотрена азотная "подушка". Давление азота в резервуаре поддерживается клапаном-регулятором, установленным на линии выхода азотного дыхания. При превышения давления азота в промежуточном резервуаре установлен предохранительный клапан, сбрасывающий азот в абсорбционную колонну. Для откачки метанола из промежуточного (сливного) резервуара предусмотрены самовсасывающие насосы. Метанол поступает на прием насосов и далее по напорной линии откачивается на завод по производству МТБЭ и ПП.

Расход контролируется расходомером. После опорожнения цистерн трубопровод продувается азотом, а цистерны отправляются в пропарочную станцию. Для очистки азота от паров метанола предусмотрена абсорбционная колонна.

Азот с парами метанола после продувки ж/д цистерн, и из промежуточного (сливного) резервуара и дренажной емкости подается в концентрационную часть колонны, оборудованную тремя однопоточными клапанными тарелками. На тарелках происходит контакт паров метанола с абсорбентом. В качестве абсорбента используется техническая вода из магистрального трубопровода. Вода с кубовой части колонны поступает на прием насосов. По напорной линии в качестве циркуляционного орошения возвращается в колонну на первую (нижнюю) тарелку. Балансовое количество "метанольной воды" выводится на блок ректификации метанола завода по производству МТБЭ и ПП. Количество регулируется клапаном-регулятором расхода, контролируется расходомером, установленным на линии нагнетания насосов. Для подпитки абсорбционной колонны используется вода, балансовое количество которой в качестве верхнего орошения подается на тарелку. Количество регулируется клапаном-регулятором расхода и контролируется расходомером.

При достижении уровня в абсорбционной колонне 80 % срабатывает световая и звуковая сигнализация, при достижении 20 %, а также при понижении давления в напорной линии 11/1 до $2,5 \text{ кгс/см}^2$ срабатывает блокировка, насосы автоматически останавливаются. Из верха абсорбционной колонны очищенный азот с максимальным расходом $500 \text{ м}^3/\text{ч}$. поступает в газоотводную свечу, через которую сбрасывается в атмосферу. Температура верха абсорбционной колонны контролируется термопарой. На линии установлен огнепреградитель, предусмотрен пробоотборник.

Установка производства МТБЭ предусматривает проектную производительность установки – 20 тыс./тонн МТБЭ в год (при загрузке смеси легких углеводородов – 12 500 кг/ч. с содержанием изобутилена 14 %).

Освоенная установленная производительность установки – 23 тыс./тонн МТБЭ в год (при загрузке смеси легких углеводородов – 16 500 кг/ч. с содержанием изобутилена 11,1 %).

Производство МТБЭ состоит из следующих блоков: участок приема метанола; установка производства МТБЭ; товарно-сырьевые парки.

На установке осуществляется синтез МТБЭ. Товарный МТБЭ направляется в резервуары хранения товарно-сырьевых парков. Непрореагировавшая смесь легких углеводородов (бутан-бутиленовая фракция – ББФ) направляется поставщику.

Товарный МТБЭ реализуется потребителям.

Процесс синтеза МТБЭ осуществляется в реакционно-ректификационном блоке, состоящем из реактора и ректификационной колонны со слоем катализатора (колонна каталитической дистилляции).

Из резервуаров хранения метанол насосами перекачивается в буферную емкость, откуда в необходимом соотношении подается на смешение с изобутиленом в смеситель

Смесь легких углеводородов с содержанием изобутилена поступает на установку в буферную емкость. Из емкости смесь легких углеводородов с содержанием изобутилена поступает на прием насосов и перекачивается в смеситель. Из смесителя сырьевая смесь подается в форконтрактеры, которые заполнены отработанным в реакторе катализатором, где очищается от каталитических ядов. Форконтрактеры подключены параллельно, позволяющие иметь возможность их поочередной остановки для замены катализатора не останавливая производство.)

После очистки сырьевая смесь из форконтрактеров подается в трубное пространство теплообменника, где подогревается паром низкого давления. Сырьевая смесь поступает в реактор синтеза МТБЭ (аппарат колонного типа, состоящий из трех секций, заполненных катализатором). В реакторе происходит синтез МТБЭ и образование азеотропной смеси легких углеводородов и метанола.

Для отвода тепла реакции первая секция оборудована "рубашкой", подается обратная вода. По потоку реакционной смеси между секциями установлены внешние теплообменники, охлаждаемые обратной водой.

Сырье поступает в нижнюю часть первой секции реактора, затем во вторую секцию. Реакционная смесь подается на охлаждение в теплообменник, охлаждаемый обратной водой, и поступает в третью секцию.

Реакционная смесь из реактора поступает на разделение в колонну каталитической дистилляции, для отделения товарного МТБЭ от непрореагировавшего сырья, и в реакционной зоне колонны продолжается синтез МТБЭ путем реагирования остаточного изобутилена с метанолом.

Из верхней части реактора выходит реакционная смесь, состоящая из непрореагировавшего сырья, МТБЭ и побочных продуктов реакции, которые поступают в трубное пространство рекуперационного теплообменника. Из рекуперационного теплообменника продукты реакции подаются в ректификационную колонну. Из куба колонны МТБЭ под давлением системы выводится в

рекуперационный теплообменник, где охлаждается в межтрубном пространстве оборотной водой. Из теплообменника продукт выводится с установки в резервуары хранения товарного МТБЭ.

С верха колонны выводятся непрореагировавшие легкие углеводороды и метанол, которые образуют азеотропную смесь. Пары из верхней части колонны поступают в межтрубное пространство конденсатора, где охлаждаются оборотной водой. Из конденсатора азеотропная смесь поступает в емкость, оборудованную отстойником для сбора подтоварной воды. Вода из отстойника дренируется по мере накопления.

Из емкости азеотропная смесь подается на прием насосов, часть потока подается на первую тарелку колонны в качестве орошения, балансовое количество поступает в межтрубное пространство холодильника. Азеотропная смесь далее поступает на экстракцию метанола, в виду невозможности разделения ректификацией.

Блок сероочистки МТБЭ введен в эксплуатацию в 2021 году. Проектная производительность блока сероочистки – 30 000 тонн МТБЭ в год, гибкость работы оборудования блока 60 – 100 %.

Блок сероочистки МТБЭ предназначен для удаления сернистых соединений из МТБЭ в колонне сероочистки. МТБЭ проходит очистку от сернистых соединений до 10 ppm и отправляется в резервуары хранения товарной продукции. Процесс очистки проводится в присутствии катализатора.

Катализатор сероочистки МТБЭ представляет из себя активную часть, состоящую из смеси веществ, нанесенных на носитель катализатора.

Из верхней части выводится газовая фаза МТБЭ, боковым погоном колонны является очищенный МТБЭ, который направляется в резервуары хранения товарного продукта, смесь МТБЭ с сернистыми соединениями выводятся через куб колонны и отправляются в емкость хранения сернистых соединений. По мере заполнения емкости утилизацию серосодержащих отходов производит специализированная организация.

Блок экстракции и ректификации метанола предназначен для выделения метанола из смеси непрореагировавших углеводородов и метанола, с возвращением его в начало процесса. Азеотропная смесь из теплообменника подается в нижнюю часть колонны экстракции метанола, которая заполнена насадкой – кольцами Палля.

Экстракция метанола производится экстракционной, либо химически очищенной водой (далее – ХОВ) в колонне.

Процесс основан на селективной растворимости компонентов смеси в растворителе (в данном случае – вода) Метанол растворяется в химочищенной воде и выводится из куба экстракционной колонны в колонну ректификации метанола. Смесь легких углеводородов выходит из верхней части колонны, поступает в емкость и далее выводится с установки.

Разделение смеси метанола и воды происходит в ректификационной колонне.

Из емкости отработанная смесь легких углеводородов подается на насосы и далее откачивается.

С верха колонны ректификации выводится метанол-ректификат, с куба колонны выводится вода, которая в дальнейшем используется в качестве экстрагента в колонне экстракции метанола.

Пары метанола из верхней части ректификационной колонны поступают в межтрубное пространство конденсатора. Метанол-ректификат поступает в теплообменник типа "труба в трубе", который охлаждается оборотной водой. Теплообменник эксплуатируется преимущественно в теплое время года. Сконденсированный жидкий метанол-ректификат собирается в емкость. Метанол-ректификат подается на насос, откуда возвращается в колонну на распределительную тарелку в качестве орошения, балансовая часть потока метанола подается в емкость метанола (в качестве компонента сырья).

Из куба колонны вода подается в трубное пространство кипятильника, в котором обогревается паром среднего давления, и возвращается в куб колонны.

Часть кубового продукта колонны (вода) подается в межтрубное пространство рекуперационного теплообменника, в котором отдает тепло воднометанольному раствору. Температура воды на выходе регистрируется прибором. Кубовый продукт колонны из теплообменника подается на насос. Также в линию врезается линия подачи ХОВ, предназначенная, при необходимости, для подпитки колонны ХОВ. ХОВ поступает на установку производства МТБЭ.

Насосом вода подается в межтрубное пространство теплообменника, где охлаждается оборотной водой, и подается в верхнюю часть колонны в качестве экстрагента. Для сбора воднометанольного раствора с установки и дальнейшего возврата его в процесс предусмотрены заглубленная дренажная емкость и насос. Из колонны возможен сброс воднометанольного раствора в емкость, также возможна подпитка колонны воднометанольным раствором.

Ректификационная колонна предназначена для выделения метанола и возврата в процесс. Пары метанола из верхней части ректификационной колонны поступают в конденсатор, где охлаждаются водой до температуры 400 °С. Жидкий метанол собирается в рефлюксную емкость, из которой насосами часть потока возвращается в колонну в качестве флегмы на первую тарелку, а балансовое количество поступает в буферный резервуар как сырье для синтеза МТБЭ.

Процесс основан на селективной растворимости компонентов смеси в растворителе (в данном случае – вода). Метанол растворяется в химически очищенной воде и выводится из куба экстракционной колонны в колонну, где он проходит ректификацию. Смесь легких углеводородов выходит из верхней части колонны, поступает в емкость и далее выводится с установки.

Разделение смеси метанола и воды происходит в ректификационной колонне. Пары метанола из верхней части ректификационной колонны конденсируются в теплообменнике, часть паров метанола направляется в колонну в виде орошения, часть возвращается в сырьевую емкость метанола, в начало процесса. Вода с куба ректификационной колонны поступает в колонну экстракции метанола в качестве экстрагента.

3.2. Производство других органических веществ (пропилена)

Газообразные этиленовые углеводороды (этилен, пропилен, бутилен) находятся в газах термической и каталитической переработки нефти. Жидкие продукты процессов термической и каталитической переработки нефти содержат значительные количества алкенов [28]. Бензины термического крекинга содержат 30 – 35 % алкенов, бензины каталитического крекинга – до 10 % олефинов. Углеводороды с двойной связью, содержащиеся в нефтепродуктах, можно подразделить на следующие группы: алкены нормального и изостроения; циклоалкены (циклогексен, циклопентен и их гомологи); ароматические углеводороды с двойной связью в боковой цепи (стирол, инден, их гомологи).

Пропилен (пропен, химическая формула C_3H_6 , структурная формула $CH_2 = CH - CH_3$) является мономером для производства полипропилена, а также сырьем для получения акрилонитрила, кумола, пропиленоксида, акриловой кислоты и других крупнотоннажных продуктов органического синтеза.

Основное количество пропилена производится путем пиролиза углеводородного сырья, дегидрированием пропана, а также производится в качестве сопутствующего продукта каталитического крекинга.

Производительность установки на Предприятии 2 составляет 503 тыс. тонн/год по пропилену.

3.2.1. Основные технологические процессы

Рассматривается процесс получения пропилена дегидрированием пропана [21], процесс каталитического дегидрирования пропана в пропилен с использованием непрерывной регенерации катализатора.

Производство дегидрирования пропана состоит из трех основных секций: секции очистки сырья, реакторной секции, секции выделения продукта.

Каждая секция, включает узлы переработки потока сырья. Секция очистки сырья предназначена для удаления метанола и извлечения азотных компонентов, металлов, воды и тяжелых углеводородов из свежего пропанового сырья. Удаление метанола необходимо, чтобы избежать образования окиси углерода в реакторах дегидрирования, который может вызвать дезактивацию катализатора. Примеси также могут вызвать дезактивацию катализатора.

Свежее сырье – пропановую фракцию – подают в промывочную колонну, встречным потоком циркуляционной воды вымывается метанол. Обогащенную метанолом воду выводят из промывочной колонны и после нагрева направляют в метанольную колонну, для происхождения процесса очистки воды от метанола. Балансовое количество метанола выводят потребителям. Отпаренную воду после охлаждения возвращают на промывку пропана.

Очищенную от метанола пропановую фракцию направляют далее последовательно сверху вниз через защитные адсорберы для удаления соединений азота и следов металлов. Для удаления воды, содержащейся в сырье после промывки, поток направляют в коагулятор (где отделяется основная масса принесенной воды) и осушители (заполненные адсорбентом, где отделяется остаточное количество воды от пропанового потока). Очищенный пропан направляют в депропанизатор для удаления тяжелых углеводородов.

Перед подачей в депропанизатор сырьевой поток обезметаноленного пропана смешивают с рецикловым пропаном из узла разделения пропан- пропиленовой фракции и направляют в теплообменник, где нагревают до 106 °С. Пропан из теплообменника направляют в депропанизатор в виде парожидкостной смеси. Пары очищенного от тяжелых углеводородов пропана конденсируют в воздушном холодильнике и направляют в систему сепарации. В системе сепарации очищенный пропан смешивают с потоком водорода, после чего направляют в реакторную секцию.

Кубовый продукт из депропанизатора направляют в колонну отпарки, где происходит отделение легких углеводородов, которые направляют в топливную сеть, тяжелые углеводороды направляют потребителям.

Перед подачей в реакторную секцию в сырьевой поток впрыскивают диметилдисульфид (ДМДС). ДМДС предупреждает обуглероживание стали за счет образования слоя сульфида хрома на поверхности труб реакторов и печей, что способствует снижению протекания реакции термического расщепления пропана. Сырьевой поток последовательно направляют через 4 реактора, перед каждым входом в реактор продуктовый поток нагревают в печи. Дегидрирование пропана протекает под небольшим избыточным давлением при температуре 635 – 650 °С в присутствии водорода.

В результате основной реакции происходит образование пропилена. Параллельно с основной реакцией протекают побочные реакции с образованием CH_4 , C_2H_6 , C_3H_8 , C_4H_{10} , тяжелых фракций.

Узел непрерывной регенерации катализатора обеспечивает непрерывную транспортировку катализатора по реакторам и регенерацию (удаление кокса с поверхности). Поток катализатора из нижней части каждого из реакторов под действием собственного веса поступает в приемники катализатора, где охлаждается и очищается от углеводородов путем продувки отходящим водородным газом системы

сепарации. Охлаждение катализатора необходимо для предотвращения повреждений в системе трубопроводов перемещения катализатора. В последнем накопителе катализатор продувают азотом от остаточного количества водорода и углеводородов для исключения их попадания в кислородосодержащую среду колонны регенерации.

В колонне регенерации катализатор выжигают от кокса с помощью потока смеси азота с кислородом. Для предотвращения агломерации платины на поверхности катализатора в систему дозируют незначительное количество газообразного хлора.

На выходе из реакторов сырье охлаждают и направляют в компрессор продуктового потока. В компрессоре пропиленсодержащий поток сжимают и далее направляют в адсорбер на очистку от соединений хлора с помощью нерегенерируемого оксида алюминия. Приводом компрессора служит паровая турбина. Пар получают в трех паровых котлах (бойлерах) высокого давления за счет утилизации выделенных легких углеводородов и водорода.

Продуктовый поток направляют в узел осушки для удаления воды и сероводорода, который может вызвать отравление катализатора селективного гидрирования, и ухудшить качество пропиленового продукта и топливного газа. После этого продуктовый поток направляют в систему сепарации.

Регенерацию осушителей обеспечивают подачей снизу вверх через адсорберы регенерирующего газа – смеси отходящего газа ректификационной секции деэтанизатора, водородного газа из системы сепарации и отходящего газа системы очистки водорода. Поток газа регенерации из адсорберов направляют в скруббер газов регенерации, где содержащийся в газовой смеси сероводород поглощается циркулирующим водным раствором щелочи. Очищенный углеводородный газ с верха колонны направляют в топливную сеть, отработанный раствор из куба колонны с максимальным конечным содержанием сульфидов натрия до 60 г/л направляют в емкость дегазации щелочи и в блок очистки. Технология очистки сульфидных стоков представляет собой биологический процесс обезвреживания сульфидных стоков с применением живого биохимического катализатора – серобактерий, которые преобразуют серосодержащие соединения до конечных продуктов окисления – сульфатов. Отходящий очищенный поток после биореактора содержит менее 1 мг/л сульфидов.

Система сепарации предназначена для выделения из продуктового потока водорода, направляемого в систему очистки, а также для получения смешанного потока сырьевого пропана с водородом.

На начальном этапе в системе сепарации продуктовый поток после охлаждения разделяют в сепараторе высокого давления на два потока: газовый (водородосодержащий поток) и жидкий (пропан-пропиленовый поток). Газовый поток направляют в сепаратор среднего давления, где разделяют на два потока (газовый и жидкий). На следующем этапе оставшийся газовый поток направляют через

турбодетандеры в сепаратор низкого давления, где отделяются оставшиеся углеводороды. Жидкий пропан-пропиленовый поток направляют из всех сепараторов в испарительную емкость, где отделяются легкие углеводороды, которые возвращают в систему. Пропан-пропиленовый поток направляет в реактор селективного гидрирования.

Избыточный поток водородсодержащего газа из узла сепарации направляют в систему очистки водорода, где методом короткоцикловой адсорбции разделяют на водород (99,99 %) и поток углеводородного газа. Основную часть водорода возвращают в реакторную секцию для восстановления и нагрева катализатора, часть потока водорода компримируют и направляют на производство полипропилена и в реактор селективного гидрирования. Углеводородный газ из системы очистки водорода направляют в топливную сеть.

Процесс селективного гидрирования представляет собой высокоселективную технологию с неподвижным слоем катализатора, предназначенную для гидрирования ацетиленовых углеводородов и диолефинов водородом в моноолефины. Вследствие своей высокой селективности глубина превращения ацетиленов и диенов составляет до 100 %, потери пропилена при насыщении являются минимальными.

Далее пропан-пропиленовый поток направляют в деэтанизатор. На входе деэтанизатора пропан-пропиленовый поток смешивают с рецикловым потоком производства полипропилена. Кубовый продукт с низа отпарной колонны направляют на разделение в пропан-пропиленовую колонну, пары с верха колонны – в ректификационную секцию деэтанизатора. Кубовый продукт ректификационной секции деэтанизатора возвращают в качестве орошения в отпарную колонну деэтанизатора, пары с верха ректификационной секции поступают на регенерацию осушителей продуктового потока.

Пропан-пропиленовая колонна состоит из 180 ректификационных тарелок, количество обусловлено близкими температурами кипения пропана и пропилена. С куба колонны непреобразованный пропан возвращают в депропанизатор. С тарелок отбирают непрореагировавшие ацетиленовые углеводороды и диолефины, поток которых возвращают в реактор селективного гидрирования. Пары с верха пропан-пропиленовой колонны направляют на компрессоры теплового насоса. После первой ступени компрессора теплового насоса пары пропилена направляют в ребойлеры пропан-пропиленовой колонны. В ребойлерах утилизируют тепло пропиленового газового потока, образованное в процессе сжатия на первой ступени компрессора, пары конденсируют и направляют на орошение пропан-пропиленовой колонны. Сжатый пропиленовый газ со второй ступени компрессора конденсируют и возвращают на орошение пропан-пропиленовой колонны. Балансовое количество направляют в буферные емкости промежуточного хранения пропилена для производства полипропилена.

На Предприятии 2 установка дегидрирования пропана предназначена для получения пропилена, который является сырьем установки производства полипропилена.

Технология дегидрирования - циклический процесс, осуществляемый в реакторах периодического действия с неподвижным слоем катализатора. Технологический режим подобран с целью оптимизировать взаимоотношение между селективностью процесса дегидрирования пропана и потреблением энергоресурсов. Средняя селективность технологического процесса пропан/пропилен составляет 82 – 87 %, средняя конверсия пропана за один проход – 48 – 65 %.

Побочные реакции, происходящие одновременно с основной реакцией, характеризуются формированием некоторых легких и тяжелых углеводородов, и отложением кокса на катализаторе. Реакторы работают параллельно со смещенным временным циклом. В системе 8 реакторов, циклический режим работы подобран для осуществления непрерывности потоков входящего сырья и выходящего продукта.

В один полный цикл операции осуществляются в следующей последовательности:

дегидрирование пропана в рабочем режиме;

продувка водяным паром;

подогрев катализатора горячим воздухом с продуктами сгорания топливного газа и одновременный выжиг кокса, образовавшегося на этапе 1;

удаление остаточного воздуха.

Режимы функционирования реакторов сменяются автоматически. Процесс учитывает тепло, необходимое для эндотермической реакции дегидрирования, сообщается за счет подогрева пропана перед подачей в реактор.

Тепло, которое выделяется при регенерации катализатора, используется для проведения эндотермической реакции дегидрирования. Непрореагировавший во время реакции пропан отделяется от пропилена и подается на дегидрирование повторно.

Технологическое оборудование секции очистки и выделения продуктового пропилена интегрировано с системами охлаждения так, чтобы оптимизировать эффективность использования энергоресурсов. В состав секции очистки и выделения продуктового пропилена входит система охлаждения пропилена (холодный блок) и секция ректификации. Основным оборудованием секции охлаждения пропилена является холодильная установка, в качестве охлаждающего агента используется этилен.

В состав секции ректификации входят:

деэтанализатор низкого давления, в котором процесс осуществляется при параметрах, исключающих необходимость установки дожимных насосов;

колонна выделения пропилена, в которой система нагрева и входящих и выходящих потоков интегрирована с системой охлаждения.

Процесс дегидрирования позволяет получать пропиленовую фракцию с минимальным содержанием пропилена 99,5 моль %.

Вспомогательные системы предусмотрены для обеспечения устойчивой безаварийной эксплуатации установки.

Для нейтрализации кислотных соединений в дымовых газах котла утилизатора установки предусмотрена возможность добавления аммиака. Для хранения оперативного запаса аммиака предусмотрен склад аммиака. NH₃ используется в качестве реагента для корректировки кислотно-щелочного баланса питательной воды системы парообразования. Для заполнения или периодической подпитки холодильного блока хладагентом на установке предусмотрен запас этилена, который хранится в интермодальном контейнере. Для заполнения системы и периодической подачи метанола в поток для исключения гидратообразования при охлаждении пропилена предусмотрен узел хранения и подачи метанола.

Для создания запаса жидкого топлива, которое используется в качестве резервного топлива для горелок печи нагрева пропана, предусмотрена емкость сбора жидкого топлива. На установке предусмотрен смеситель топливного газа для смешения природного газа из сети завода с отходящим газом установки.

Смесь газов используется в качестве топливного газа для горелок печей и камеры сгорания котла-утилизатора. Сброс от предохранительных клапанов, установленных на аппаратах и трубопроводах, в которых хранится / транспортируется взрывопожароопасные продукты, осуществляется в факельную систему.

3.3. Производство полиолефинов (полипропилена)

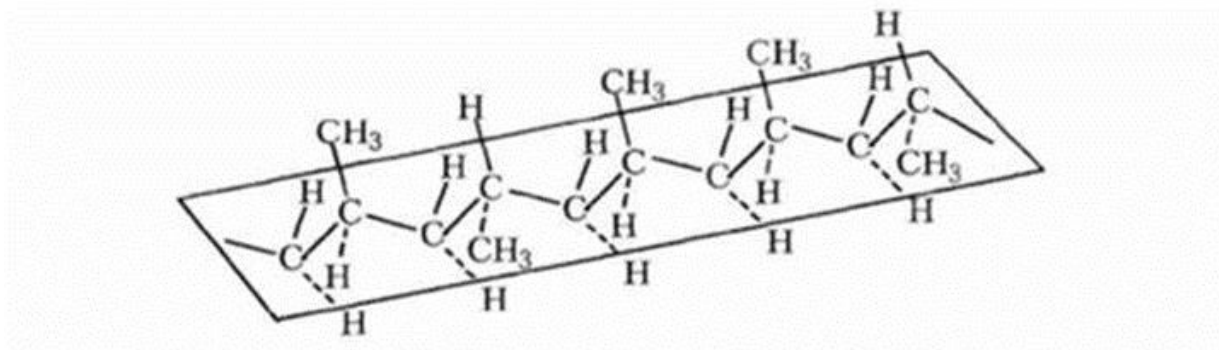
Полипропилен (ПП) — один из самых значимых термопластичных материалов. Области применения ПП многочисленны: изготовление прозрачных или окрашенных пищевых упаковок, текстиля, автомобильных комплектующих, изделий медицинского назначения и товаров народного потребления. Свойства ПП определяются процессом полимеризации и использованием катализаторов.

ПП представляет собой линейный полимер и относится к полиолефинам, метильная группа (CH₃) является характерной. В зависимости от расположения метильных групп в основной цепи С-С различают несколько видов:

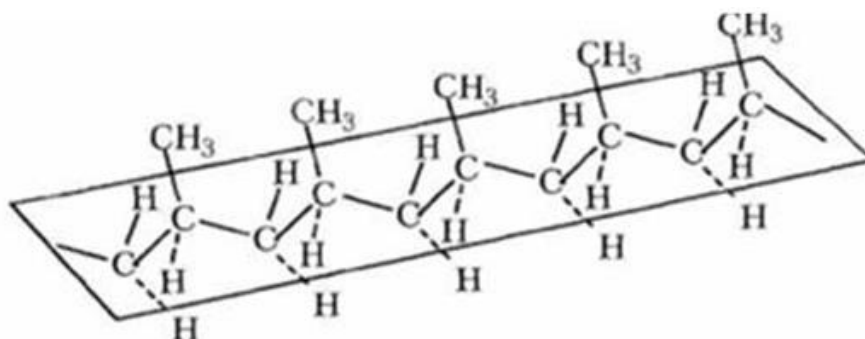
атактический ПП (АПП (А)) с неравномерным расположением CH₃;

изотактический ПП (ИПП (В)) с CH₃, расположенными на одной стороне углеродной цепи;

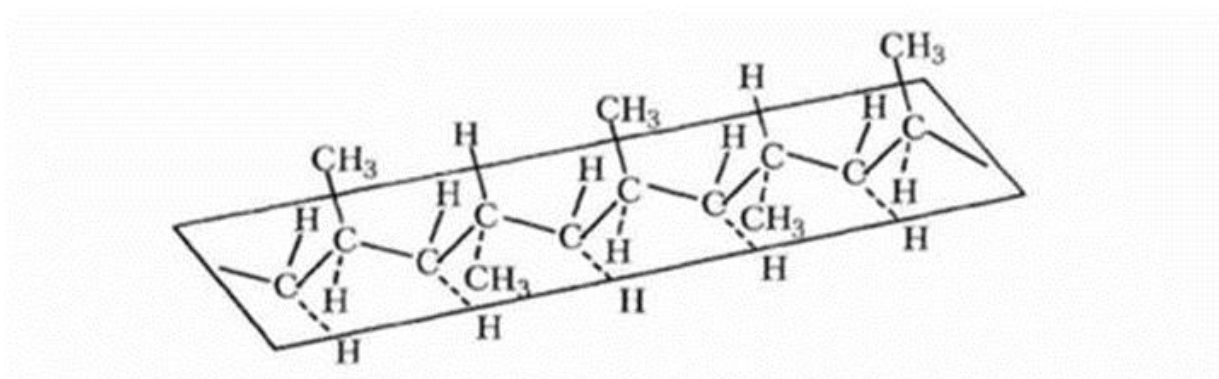
синдиотактический ПП (СПП (С)) с чередующимися CH₃;



атактический (метильные группы расположены статистически);



изотактический (все метильные группы на одной стороне цепи);



синдиотактический (метильные группы расположены попеременно с двух сторон цепи).

ПП обладает высокой температурой плавления, низкой плотностью, хорошей прочностью и ударной вязкостью. Данные свойства зависят от степени кристаллизации и типа, уровня сомомера, входящего в состав продукта. В состав полипропиленовых изделий может включаться каучук, чтобы изменить их низкотемпературные свойства, или минеральные наполнители, стекловолокно, чтобы повысить крепость и размерную стабильность.

В качестве сырья для производства ПП преимущественно используются пропилен пиролиза, пропилен нефтезаводских газов и пропилен, полученный дегидрированием индивидуального пропана.

3.3.1. Основные технологические процессы

Основные существующие **газофазные технологии** получения ПП отличаются способами перемешивания и отвода тепла реакции.

В целом газофазные процессы характеризуются (в силу отсутствия жидких сред и легкости регулирования содержания водорода и сомономеров) возможностью производства полимеров с широким диапазоном регулируемых молекулярных масс и содержанием сомономера, сокращением сроков перехода с марки на марку и пониженной энергоемкостью.

Газофазная технология предполагает контакт газообразного пропилена с твердым катализатором (или катализатором, суспензированным в масле), который тщательно диспергирован в объеме сухого порошка полимера. В настоящее время распространение получили три основные газофазные технологии:

- полимеризация осуществляется в псевдооживленном слое, перемешивание происходит потоком мономера, проходящим через слой полимерных частиц;

- используются реакторы с вертикальной конструкцией мешалки и удалением тепла реакции испарением жидкого пропилена;

- применяются горизонтальные многосонные цилиндрические реакторы, в которых отвод тепла организован за счет циркуляции и испарения жидкого мономера.

Процесс получения полипропилена **по суспензионной технологии в растворителе** (в среде углеводородного растворителя – нефраса) осуществляется с применением нанесенного титаномагниевого катализатора, донора и сокатализатора — триэтилалюминия (ТЭА), в качестве регулятора молекулярной массы используется водород. Порошок полипропилена отделяется от нефраса на центрифуге, сушится горячим азотом и пневмотранспортом подается на установку гранулирования полипропилена. Отработанный нефрас очищается от примесей на узле регенерации растворителей и возвращается на полимеризацию.

Получение порошка полипропилена осуществляется на технологической линии, где возможно получение как гомополимера и сополимера пропилена с этиленом.

Процесс получения порошка полипропилена состоит из следующих основных стадий:

- приготовление каталитического комплекса;

- полимеризация пропилена или сополимеризация пропилена с этиленом;

- отделение суспензии полимера;

- сушка порошка полипропилена;

- отделение атактического полипропилена и очистка нефраса;

- гранулирование порошка полипропилена;

расфасовка и упаковка.

Полипропилен, получаемый **по суспензионной технологии в пропилене**, является одним из распространенных способов – полимеризация пропилена суспензионным методом в петлевом реакторе в жидком пропилене.

Появление и дальнейшее совершенствование нанесенных катализаторов IV поколения повысило энергоэффективность и снизило прямые производственные затраты ранее внедренных суспензионных процессов. Появление высокоэффективных каталитических систем IV поколения с активностью более 20 кг полипропилена на 1 г катализатора позволило разработать упрощенный процесс полимеризации в жидком мономере (пропилене).

Технологический процесс производства полипропилена позволяет получать широкий ассортимент полипропилена, его статсополимеров и блок- сополимеров с этиленом и бутеном (бутиленом). Процесс суспензионной полимеризации пропилена при низком давлении протекает по анионно- координационному механизму.

Полимеризация пропилена проводится при давлении и температуре в присутствии усовершенствованной каталитической системы Циглера-Натта (высокоэффективного титаномагниевого катализатора). Тепло реакции отводится охлаждающей водой, циркулирующей в рубашках петлевых реакторов и теплообменниках.

В качестве сокатализатора (активатора) применяется триэтилалюминий (ТЭА). В состав каталитического комплекса входит донор, который позволяет регулировать изотактичность полимера, посредством соотношения изотактического и атактического полимера.

Нижняя граница содержания атактического полимера в изотактическом полимере обеспечивается легкость переработки, а верхняя – соответствовать требованиям к качеству полимера. Повышение содержания атактического полипропилена ухудшает прочностные характеристики полимера.

Технологический процесс получения полипропилена состоит из следующих основных стадий:

- прием, хранение и подача сырья и материалов;
- приготовление каталитического комплекса;
- полимеризация, состоящая из следующих технологических стадий:
 - форполимеризация;
 - полимеризация в петлевых реакторах;
 - дегазация, отпаривание и сушка, состоящие из следующих технологических стадий (дегазация мономеров при высоком давлении; регенерация пропилена и водорода при высоком давлении; дегазация мономеров при низком давлении);
 - добавление бензоата натрия;
 - отпаривание полимера;
 - гранулирование порошка полипропилена.

Для производства полипропилена **из пропан-пропиленовой фракции, получаемый по суспензионной технологии**, требуется пропилен высокой степени чистоты, который получают из пропан-пропиленовой фракции. На этих предприятиях установки выделения пропилена из пропан-пропиленовой фракции входят в состав производства ПП и размещены на одной производственной площадке.

Данная технология заключается в очистке пропан-пропиленовой или пропиленовой фракции от балластных компонентов и примесей, входящих в их состав, и состоит из следующих стадий:

1) стадия отделения тяжелой (высококипящей) фракции. В колонне отделения тяжелой фракции углеводородов (бутан-бутиленовой фракции) происходит разделение пропан-пропиленовой фракции за счет процесса ректификации. Из куба колонны в виде жидкости выводится бутан-бутиленовая фракция, с верха в виде паров — ППФ с примесями (C_2 , CO , CO_2 , H_2S , COS), меркаптанов и иные примеси);

2) стадия гидролиза COS . ППФ подогревается до температуры $150\text{ }^{\circ}C$ и направляется в реактор каталитического гидролиза COS . Катализатором является оксид платины на носителе Al_2O_3 . После охлаждения до $40\text{ }^{\circ}C$ ППФ направляется далее на блок щелочной очистки от сернистых соединений, CO_2 и меркаптанов;

3) стадия щелочной очистки от сернистых соединений, CO_2 и окисления меркаптанов. На этой стадии выделяют два основных процесса:

поглощение сероводорода, диоксида углерода и меркаптанов раствором щелочи; каталитическое окисление меркаптанов до дисульфидов.

Поглощение сероводорода и диоксида углерода происходит при пропускании ППФ через слой раствора едкого натра. Раствор едкого натра поглощает из ППФ меркаптаны, которые затем каталитически окисляют до дисульфидов. Катализатором окисления меркаптанов служит Actisorb 300. После удаления меркаптанов ППФ направляется на стадию отделения легкой фракции углеводородов (сухого газа);

4) стадия отделения легкой фракции углеводородов (сухого газа). В колонне отделения легкой фракции происходит разделение легких углеводородов и ППФ ректификацией. Из куба колонны в виде жидкости отводится ППФ, с верха — сухой газ;

5) стадия разделения пропана и пропилена. Разделение пропана и пропилена происходит ректификацией. Из куба колонны в виде жидкости выводится пропан, с верха — пары пропилена;

6) стадия осушки пропилена. Осушка заключается в поглощении влаги из пропилена при пропускании его через слой молекулярных сит (цеолитов), обладающих высокой влагоемкостью.

После стадии осушки необходимо, чтобы пропилен соответствовал по своим качественным показателям товарному пропилену.

Процесс производства товарного пропилена отличается практически безотходной технологией (незначительное количество подтоварной воды сбрасывается в промканализацию), все побочные продукты: ББФ, сухой газ, фракция пропановая используются как компоненты продукции или как готовая продукция.

Полипропилен получают **комбинацией суспензионного и газофазного процессов**: из пропан-пропиленовой фракции или сополимеризацией пропилена и этилена.

Полипропилен, получаемый из пропан-пропиленовой фракции. Технология Spheripol позволяет получать гомополимеры и ударопрочные сополимеры в зависимости от выбора катализатора. Необходима высокая активность каталитической системы во избежание необходимости в их последующем удалении из продукта. Высокая стереоспецифичность катализатора позволяет предупредить образование АПП и, следовательно, необходимость его выделения из продукта.

Полимеризация происходит при температуре 70 °С и давлении порядка 4 МПа в жидком пропилене, который циркулирует в одном (или более) петлевом реакторе. Каждый реактор снабжен осевой мешалкой, которая обеспечивает высокую объемную скорость перемешивания и, следовательно, хороший теплообмен со стенками реактора, охлаждаемыми водой. Кроме того, эффективное перемешивание предотвращает осаждение суспензии. Катализатор, сокатализатор и стереорегулятор (основание Льюиса) непрерывно поступают в реактор.

Первые секунды полимеризации со свежим, высокоактивным катализатором являются решающими для протекания реакции, поэтому некоторые установки имеют стадию предварительной полимеризации, в которой каталитические компоненты реагируют при более низкой температуре и концентрации мономера. Это происходит в резервуаре с мешалкой или в петлевом реакторе, далее предварительно полимеризованный материал поступает в реактор с циркуляцией в преимущественном режиме. Среднее время пребывания в одном реакторе составляет от одного до двух часов. Два петлевых реактора работают последовательно, чтобы выровнять время выдержки, модифицировать полимер и увеличить производство.

Непрерывный поток суспензии проходит через нагретую зону в циклон, который непосредственно связан с циклоном стадии инактивации/выпаривания при производстве гомополимера; стадия сополимеризации при этом обходится с помощью байпасной линии. Непрореагировавший пропилен выпаривается в первичном циклоне, конденсируется с помощью охлаждающей воды и возвращается обратно в реактор. Затем полимер транспортируют в емкости и катализатор дезактивируют паром. Остаточная влажность и летучие вещества удаляются потоком горячего азота до того, как полимер будет транспортирован в силос для хранения и стабилизирован или экструдирован в гранулят.

Полипропилен, получаемый сополимеризацией пропилена и этилена. Технология Spheripol позволяет получать гомополимеры, статистические сополимеры пропилена и

этилена, гетерофазные ударопрочные сополимеры пропилена и этилена. Процесс полимеризации протекает в присутствии катализаторов Циглера-Натта. Полимеризация пропилена в суспензии осуществляется в последовательно расположенных реакторах петлевого типа. При производстве ударопрочных блок-сополимеров пропилена с этиленом дополнительно используется газофазный реактор.

Для получения гомополимера и статистического сополимера полимеризацию проводят в жидком пропилене в трубчатых контурных реакторах. Гетерофазные ударопрочные сополимеры получают при помощи дополнительного газофазного реактора, установленного последовательно. Удаления остатков катализатора и аморфного полимера не требуется. Непрореагировавший мономер выделяют испарением в двухстадийной системе и возвращают обратно в реакторы. Это увеличивает выход и сокращает потребление энергии.

На казахстанском Предприятии 1 производство полипропилена состоит из следующих этапов производства:

выделение пропилена – сырья для производства полипропилена, из смеси легких углеводородов (ППФ). Выделение пропилена производится ректификацией на **УКП**;

синтез порошкового полипропилена осуществляется полимеризацией пропилена на **УПП**;

гранулирование порошкового полипропилена на **УГП** производится методом экструзии.

Установка концентрирования пропилена предназначена для получения пропилена из смеси легких углеводородов путем ректификации под давлением.

Сырьем для установки концентрирования пропилена является смесь легких углеводородов с содержанием пропилена.

Целевой продукцией установки концентрирования пропилена является концентрированный пропилен чистотой не менее 99,6 %, который используется в качестве сырья на установке производства полипропилена. Из смеси легких углеводородов попутно выделяются метан-этановая фракция, которая используется в качестве топлива пилотных горелок факельной установки, и отработанная смесь легких углеводородов.

В качестве примера, приводятся данные по производству полипропилена в Казахстане на Предприятии 1 и Предприятии 2 (таблица 3.2.).

Таблица 3.2. Количество выпускаемого полипропилена, тыс.тонн.

№ п/п	Год	Полипропилен (ПП) , Предприятие 1	В ы п у с к гранулированного полипропилена (УГП)	Концентрированны й полипропилен (ПП), Предприятие 2
1	2017	23,3	19,0	-
2	2018	33,7	33,3	-
3	2019	32,9	32,7	-

4	2020	40,6	40,6	-
5	2021	48,5	48,3	-
6	2022	-	-	32,1
7	2023	-	-	180

3.3.1.1. Производство концентрированного пропилена

Установка концентрирования пропилена (далее – УКП) предназначена для выделения пропилена из пропан-пропиленовой фракции путем ректификации под давлением.

Для получения полипропилена необходим пропилен высокой степени чистоты. Применяемые при получении полипропилена катализаторы отравляются кислородом, СО и углекислым газом, водой и соединениями серы. Установка концентрирования пропилена состоит из одной колонны отгона этана и метана и двух ректификационных колонн пропилена, что позволяет достигнуть требуемого результата разделения пропилена. Конечными продуктами установки являются пропиленовая и пропановая фракции.

Установка концентрирования пропилена состоит из двух блоков:

блок деэтанзации, предназначен для отделения метан-этановой фракции из смеси легких углеводородов;

блок ректификации, предназначен для выделения пропилена из смеси легких углеводородов.

3.3.1.2. Производство полимеров (полипропилена)

Основные этапы технологии непрерывного производства полипропилена включают в себя:

реакцию полимеризации: в этом этапе пропилен подвергается полимеризации при высоких температурах и давлениях в присутствии катализатора;

реакцию деполимеризации: после полимеризации полипропилена происходит процесс деполимеризации, в результате которого избыток полимера удаляется из системы;

охлаждение и кристаллизацию: при охлаждении полипропилена происходит его кристаллизация, что способствует повышению механических свойств материала;

экструзию и формовку: для получения готового продукта полипропилен подвергается экструзии – процессу формования пластичной массы через специально созданное отверстие.

Технологический процесс включает следующие блоки производственного процесса получения порошкового полипропилена:

блок тонкой очистки пропилена, предназначен для удаления из пропилена органических и неорганических соединений серы, окиси углерода, воды и кислорода;

блок хранения и подачи пропилена;

блок катализаторов;

блок полимеризации пропилена;
блок сепарации и рекуперации пропилена.

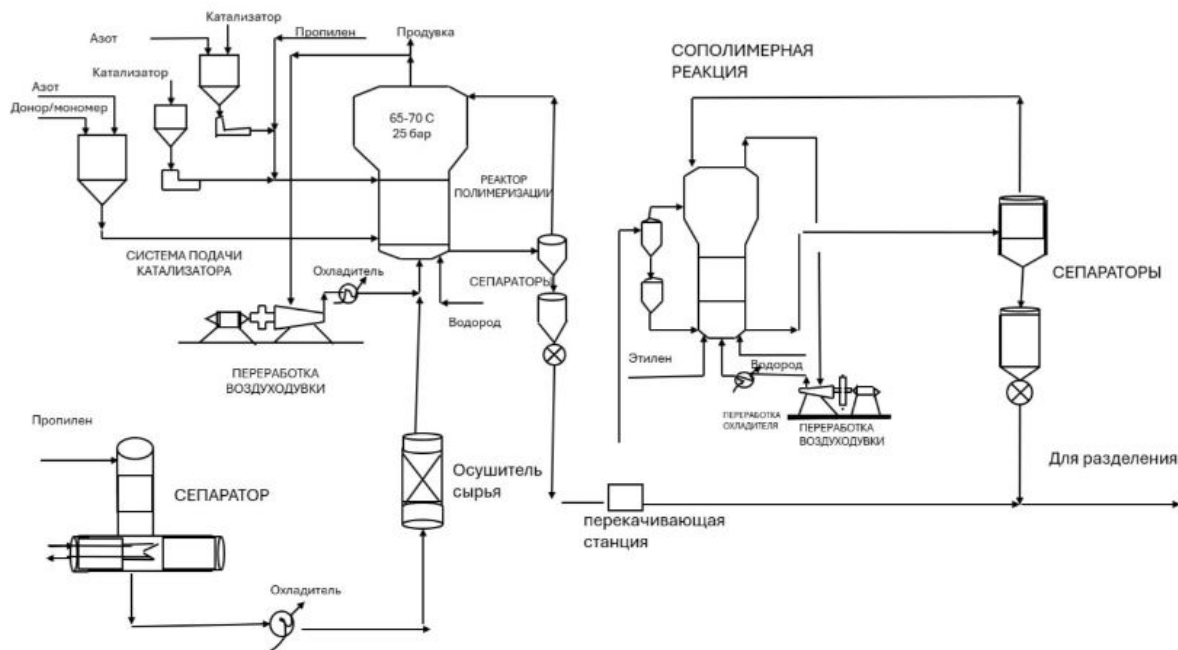


Рисунок 3.2. **Принципиальная схема получения полипропилена газозольным способом**

Метод удаления примесей и осушки пропилена является методом адсорбции. Задачей процесса тонкой очистки пропилена является удаление из пропилена органических и неорганических соединений серы, воды, карбонилсульфида, углекислого газа, H_2S , сульфида углерода, AsH_3 , PH_3 , O_2 , CO , H_2 и остаточных соединений серы с помощью различных адсорбентов.

Блок хранения и подачи пропилена состоит из емкости (Hold Tank) и насосов, с помощью которых по трубопроводам подается пропилен на полимеризацию (емкости с пропиленом находятся рядом со зданием активаторной).

Блок катализаторов и активатора представляет собой здание, где установлены герметичные резервуары с катализаторами.

Блок полимеризации исходного продукта (жидкого пропилена), процесс состоит из трех фаз – форполимеризация, шламовая полимеризация и полимеризация газовой фазы в горизонтальном реакторе:

1) форполимеризация. Подача пропилена из существующей емкости (емкость хранения пропилена) насосами. Жидкий пропилен по трубопроводу подается в реакторы предварительной полимеризации. Дозировочными насосами подаются катализаторы и с помощью компрессора – сжатый водород и газозольный пропилен-рекуператор. Охлаждение реактора происходит за счет водяной рубашки реактора.

В реакторах происходит полимеризация пропилена в присутствии катализаторов, сжатого водорода и газофазного пропилена – рекуператора;

2) шламовая полимеризация. Из реакторов форполимеризации (предварительной полимеризации) реакционная смесь подается в реакторы шламовой полимеризации (жидкофазной полимеризации) (использование существующих реакторов), в которых происходит полимеризация пропилена при температуре 70 °С и давлении 3,0 – 3,6 МПа. Часть пропилена превращается в полипропилен, остальные жидкие пропилены возвращаются в емкость хранения пропилена (на начало процесса);

3) полимеризация газовой фазы пропилена в горизонтальном реакторе. Из реакторов реакционная масса и образовавшийся полипропилен подаются в горизонтальный реактор, в котором происходит полимеризация пропилена в газовой фазе при температуре 80 °С и давлении 2,5 – 2,8 МПа. Из реактора порошковый полипропилен через циклонные сепараторы поступает в приемные резервуары (использование существующих реакторов), которые используются для приема полипропилена из горизонтального реактора и подачи его в испарители мгновенного вскипания через пневматический выпускной клапан. Газовая фаза пропилена постоянно выводится из реактора, конденсируется в холодильниках-конденсаторах и возвращается в виде жидкой фазы в реактор насосами. Избыточное давление пропилена контролируется рекуперационным клапаном и сбрасывается из реактора через холодильник-конденсатор в емкость пропилена-рекуперата, из которого пропилен-рекуперат подается в начало процесса. При аварийной ситуации избыточное давление сбрасывается внутрь системы, а при невозможности остановки роста давления в системе по различным причинам происходит сброс на факел.

Для очистки газа, который подается из горизонтального реактора через холодильник-конденсатор в емкость пропилена-рекуперата используются циклонные сепараторы.

Из циклонных сепараторов разделенная газовая фаза пропилена поступает в рукавный фильтр, который используется для улавливания мелкодисперсных взвешенных частиц полипропиленового порошка в газе, сбрасываемом в колонну промывки маслом.

Внутри колонны установлены тарелки, верхняя часть колонны оснащена холодильником-конденсатором. Газовая фаза пропилена подается на нижнюю тарелку и выводится из верхней части колонны. В верхнюю часть колонны подается масло, которое противотоком сливается в нижнюю часть колонны вместе с полипропиленовой пылью и непрореагировавшим катализатором. Масло в колонне используется в качестве адсорбирующей жидкости. Отработанное масло собирается в металлические непроницаемые бочки и утилизируется (200 кг/месяц).

Из колонны очищенный пропилен поступает в буферную емкость, компрессорами сжимается и подается в емкость пропилена-рекуперата и в начало процесса.

Из приемных резервуаров порошковый полипропилен поступает в испарители (использование существующих), в приемных резервуарах проводится дегазация полипропилена и дезактивация остатков катализаторного комплекса. При проведении дегазации и дезактивации газовая фаза пропилена, влага и азот вакуумными насосами (использование существующих) подаются в газгольдер (использование существующего), из которого газ поступает в компрессоры (использование существующих). Газ сжимается в компрессорах до давления 2,2 МПа и далее поступает в холодильники-конденсаторы (использование существующих), из которых сконденсированный газ поступает в трехфазный сепаратор (использование существующего) и на установку концентрирования пропилена.

Очищенный порошковый полипропилен из испарителей отправляется на установку грануляции порошкового полипропилена. Данная технология является непрерывным производством, в котором непрореагировавшее сырье возвращается в систему полимеризации. Загрязненный порошком газ, пройдя через сепаратор и рукавный фильтр, возвращается в технологию. Взвешенные частицы пыли сбрасываются из фильтра в бункер и отправляются к порошковому полипропилену.

Из рабочей зоны пропилен выбрасывается в атмосферу радиальным вентилятором во взрывобезопасном исполнении на определенную высоту.

Оборудование производства полипропилена используется в технологии непрерывного производства. В производственный процесс интегрированы дозаторы подачи катализатора, рукавный фильтр, вакуумные насосы.

Производство гранулированного полипропилена состоит из 5 основных этапов:

система транспортировки и хранения порошкового полипропилена;

система дозирования сырья и добавок;

экструдер;

система грануляции полипропилена;

система упаковки полипропилена и паллетирования.

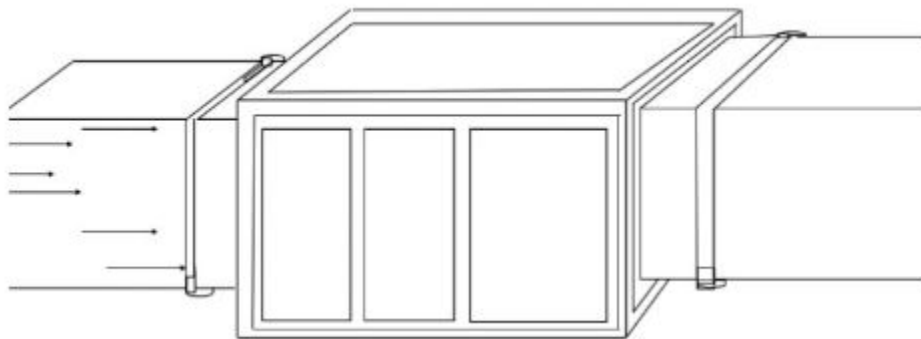
Поступающий по трубопроводу с установки производства полипропилена порошковый полипропилен через систему взвешивания подается в силосы хранения и гомогенизации порошкового полипропилена.

Порошковый полипропилен и добавки подаются из силосов на дозатор экструдера, из которого направляются на экструзионную линию с подводной грануляцией для прохождения плавления порошкового полипропилена, стабилизация с помощью добавок и превращение расплава в гранулы полипропилена. В процессе производства гранулированный полипропилен проходит через систему подводного гранулирования, в результате чего пыление при транспортировке исключается.

Гранулированный полипропилен транспортируется в силосы хранения стабилизированного полипропилена, из которых подается на упаковку и паллетирование.

Система вытяжной вентиляции обслуживает лабораторное оборудование: пластомер, магнитную мешалку, водяную баню, колбонагреватель. Выделяющиеся в процессе расплава гранул и испытаний их на вязкость вещества отводятся через систему вентиляции на очистку. Очистка воздуха от примесей перед выбросом на улицу производится с помощью газового конвертора с эффективностью очистки 99 %.

Рисунок 3.3. Схема вытяжной вентиляции



3.4. Производство полимерных изделий

Производство полипропиленовых изделий заключается в последовательном получении из гранулята полипропилена мешков по следующей схеме: гранулы полипропилена, полипропиленовая нить, полипропиленовое полотно, мешки.

В рамках данного документа согласно области применения рассматривается процесс экструзии полипропиленовых нитей. Остальные второстепенные процессы не относятся к области применения настоящего справочника по НДТ.

3.4.1. Основные технологические процессы

Экструзионная линия (производство нити). Сырьем для изготовления полипропиленовой нити являются гранулированный полипропилен, добавка на основе мела, и при необходимости краситель.

Сырье смешивается в смесителе и подается на экструдер, и проходит стадию плавления. Расплав проходит через плоскощелевую голову (сопло), в результате превращается в тонкую пленку. После охлаждения и затвердевания в водяной ванне пленка нарезается на нити, которые в последующем наматываются на намоточной машине на бобины.

При плавлении порошкового полипропилена в воздух рабочей зоны поступают 2 загрязняющих вещества: углерод оксид и уксусная кислота, которые отводятся общеобменной вентиляцией.

После того, как нить наматывается на бобины, производится сьем нити и отправка на круглоткацкие станки.

Полипропиленовые нити на бобинах заправляют в круглоткацкий станок и челночным методом получают рукавное полотно.

На этом этапе ткацкий станок настраивают на конкретные параметры будущего полипропиленового мешка. Определяют, какой стиль плетения необходим для производства. Полипропиленовый рукав наматывается на большие катушки, пригодные для хранения и транспортировки.

Ламинатор (производство ламинированного рукавного полотна) предназначен для ламинации рукавного полотна. Сырьем для ламинации являются собственный гранулированный полипропилен высокой текучести – 25 гр/10 мин. и привозной полиэтилен высокого давления низкой плотности, с показателем текучести 3 – 4 гр/10 мин. Процентное соотношение полипропилена и полиэтилена составляет 85 % и 15 % соответственно.

Ламинатор представляет собой экструдер. Сырье смешивается в смесителе и подаются на экструдер ламинатора, где проходит стадию плавления. Ламинирование служит для упрочнения материала мешка и его герметизации, обеспечивая необходимый уровень воздухо- и влагопроницаемости.

При плавлении в воздух рабочей зоны поступают 2 загрязняющих вещества: CO, CH₃COOH, которые отводятся общеобменной вентиляцией.

Возможные вспомогательные процессы могут включать дополнительные процессы, предусмотренные технологией производства/требованиями к качеству выпускаемой продукции.

3.5. Производство других полимеров

3.5.1. Основные технологические процессы производства каучука

Заводы по производству каучука работают на легкодоступных мономерах, стироле и бутадиене.

При превышении критической концентрации молекулы поверхностно-активного вещества образуют агрегаты, называемые мицеллами. Одним из методов является раствор калиевых или натриевых солей жира или канифоли кислоты. Добавление нерастворимых в воде мономеров: стирол или бутадиен, к перемешиваемому мыльному раствору приводит к образованию капель мономера, стабилизированных молекулами мыла. Диаметр капель составляет приблизительно 1000 нанометров.

Несмотря на высокую степень нерастворимости, мономер способен диффундировать через воду к мицеллам мыла, где мономер проникает в богатую углеводородами внутреннюю часть мицеллы. Добавление свободнорадикального катализатора приводит к реакции полимеризации, протекающей внутри мицеллы. Полимер с высокой молекулярной массой быстро образуется и разрушается. Полимеризация ускоряется за счет того, что большее количество мономера диффундирует из капель в растущую частицу латекса.

Частицы латекса стабилизируются молекулами мыла, адсорбированными на поверхности. По мере роста частиц требуется больше мыла и его берут из инактивированных мицелл. При 10 – 20 % превращении мономера в полимер мицелл

не остается, так как концентрация мыла упала ниже их критической концентрации. При конверсии примерно в 60 % капли мономера исчезают.

Полимеризацию прекращают до полного превращения, чтобы избежать нежелательных эффектов, как разветвление длинной цепи и образование геля. Прекращение действия осуществляется путем добавления химических веществ, известных как "короткая остановка", которые немедленно убивают все свободные радикалы.

Молекулярная масса молекул полимера регулируется добавлением агента для переноса цепи или модификатора. Это приводит к прекращению роста одной молекулы и инициированию другой. Чем больше добавляется модификатора, тем ниже молекулярная масса конечного продукта.

Реакцию проводят непрерывно в серии резервуарных реакторов с непрерывным перемешиванием (РРНП) при умеренном давлении. Затем латекс очищают от непрореагировавших мономеров. Бутадиен удаляется в испарительных резервуарах, первый из которых находится при атмосферном давлении, а второй, по желанию – под вакуумом. Затем латекс поступает в колонны для отпаривания паром, где удаляется стирол.

Полученный латекс содержит около 1015 частиц/см^3 и каждая частица имеет диаметр около 60 нм. Содержание твердых веществ преимущественно составляет от 20 до 25 %. Основная технология производства – эмульсионная полимеризация – оставалась более или менее неизменной с 1940-х годов, когда с внедрением системы окислительно-восстановительных катализаторов началось производство "холодного БСК". Окислительно-восстановительная система позволяет производить свободные радикалы при низкой температуре 5°C вместо 50°C (горячий БСК). Это приводит к более контролируемой реакции и получению каучука с улучшенными характеристиками смешивания и лучшими конечными свойствами.

Заводы производят латекс в качестве готового продукта. Установки полимеризации используются для производства основного латекса с низким содержанием твердых частиц и небольшим размером частиц. По практическим и экономическим соображениям необходимо увеличить содержание твердых веществ в латексе. Простое выпаривание латекса-основы позволяет достичь содержания твердых частиц всего около 50 %, прежде чем вязкость станет слишком высокой. Эта проблема решается путем увеличения размера частиц в процессе агломерации. Последующее выпаривание агломерированного латекса позволяет достичь содержания твердых частиц более 60 % при сохранении практической вязкости. Эти смеси с высоким содержанием твердых частиц в основном используются для производства поролоновых матрасов и подушек, ковров на поролоновой основе, клеев и герметиков.

3.5.2. Основные технологические процессы производства полиэстера

Ненасыщенные полиэфирные смолы классифицируются как термореактивные [19]. Производитель поставляет потребителю реакционноспособный жидкий промежуточный продукт, который отличается от термопластов (поставляется готовый полимер). Жидкий промежуточный продукт преобразуется в конечный продукт путем отверждения с помощью отвердителей или катализаторов.

Ненасыщенный полиэфир – название для различных термореактивных продуктов, в основном получаемых поликонденсацией ангидрида или двухосновной кислоты (мономера) с диолом (реагентом).

Производство смолы осуществляется на производственных установках, которые могут быть интегрированы в крупные предприятия или представлять собой полностью автономные установки. В некоторых случаях смолы производятся на многоцелевых установках, где производятся другие смолы, такие, как алкиды и насыщенные полиэферы.

Преимущественно установка по производству смолы состоит из нескольких реакторов периодического действия объемом от 10 до 40 м³. В значительной степени, в зависимости от степени специализации такого предприятия, может быть произведена смесь из 100 – 200 продуктов на основе 100 – 150 различных видов сырья. Доставка насыпью по сравнению с доставкой в бочках/контейнерах может варьироваться от 40:60 до 60:40 при размерах заказа от менее 1 тонны до полной загрузки автоцистерны.

Контроль процесса, включает в себя взвешивание и подготовку сырья, дозирование мелкого сырья, отбор проб и анализ пробоотборников, фильтрацию продукта и последующее заполнение бочек, контейнеров и автоцистерн.

Основное сырье преимущественно хранится в резервуарах для хранения сыпучих материалов или силосах и автоматически транспортируется и дозируется в технологические емкости. Другое сырье, упакованное в мешки, биг-бэги и иные упаковки, хранится на месте в специально отведенных складских помещениях. При необходимости имеются кондиционируемые помещения для хранения или специально спроектированные помещения (для хранения пероксида).

Перед использованием в технологическом процессе некоторые виды сырья необходимо расплавить и предварительно разогреть в духовом шкафу. На некоторых установках имеются силосы с подогревом, чтобы сырье оставалось жидким и готовым к использованию, и с целью исключить выброс пыли из зоны хранения.

Процесс поликонденсации проводят в реакторе периодического действия, который преимущественно имеет объем от 15 до 50 м³, применяя заданные профили нагрева, охлаждения и давления (вакуума), в ходе этой реакции происходит отделение воды. Эта конденсационная вода отделяется от реакционноспособной смеси путем дистилляции и собирается в виде реакционной воды. Этот богатый водой поток обрабатывается перед утилизацией в окружающую среду с возможной утилизацией

энергии или материалов. Получение реакционной воды является неотъемлемой частью процесса, технология допускает влияние на состав (концентрацию органического материала).

Продукт реакции станет соответствовать требуемым характеристикам (вязкость и функциональность), подвергается охлаждению и смешивают с реакционноспособным мономером, преимущественно стиролом. Этот этап преимущественно выполняется в резервуарах для разбавления, оснащенных системой перемешивания. Базовая смола обрабатывается непосредственно или после промежуточного хранения в соответствии с конечной рецептурой и техническими требованиями в отделочных емкостях.

В зависимости от планировки объекта имеются складские помещения как для промежуточного хранения, и хранения готовой продукции. Продукты будут отфильтрованы в соответствии со спецификациями с использованием самоочищающихся фильтров и/или одноразовых картриджных и рукавных фильтров.

Хотя это общее описание процесса используется для всех процессов НП, процесс будет иметь определенные различия в зависимости от применяемого основного химического состава.

Таким образом, для производства термореактивных полимеров характерно несколько ключевых технологических процессов, каждый из которых направлен на достижение определенных свойств конечного продукта. Основные процессы производства термореактивных полимеров включают:

1) синтез смолы. Это начальный этап, на котором происходит химическая реакция между мономерами для образования полимерной смолы. Примеры включают синтез эпоксидной смолы из эпихлоргидрина и бисфенола-А или фенолформальдегидной смолы из фенола и формальдегида.

Основные этапы:

мономеры смешиваются в реакторе: начальная стадия включает смешивание мономеров и катализаторов;

контроль температуры: реакция преимущественно экзотермическая, поэтому контроль температуры критичен;

полимеризация: происходит образование длинных цепей полимера;

2) формование. На этом этапе смола перерабатывается в желаемую форму перед отверждением. Основные методы формования включают:

литье под давлением: используется для производства деталей сложной формы;

экструзия: применяется для создания длинных изделий, таких, как трубы или профили;

литье под низким давлением: используется для заполнения форм без значительного давления.

Процесс: подготовка смолы (смола может быть предварительно смешана с отвердителем); заполнение формы (смесь заливается или впрыскивается в форму); начальная полимеризация (частичное отверждение для стабилизации формы);

3) отверждение. Процесс отверждения включает химическую реакцию, при которой смола превращается в жесткий термореактивный полимер. Это может быть достигнуто несколькими способами:

тепловое отверждение: осуществляется путем нагрева материала до определенной температуры, чтобы инициировать химическую реакцию;

ультрафиолетовое отверждение: используется для материалов, чувствительных к ультрафиолетовому излучению, которые отверждаются под воздействием ультрафиолетового света;

каталитическое отверждение: включает добавление катализатора, который ускоряет реакцию отверждения при комнатной температуре.

Процесс состоит из следующих этапов:

подъем температуры (материал нагревается до температуры отверждения);

поддержание температуры (температура поддерживается для завершения полимеризации);

охлаждение (медленное охлаждение для предотвращения внутренних напряжений);

4) механическая обработка и отделка. После отверждения изделия могут подвергаться дальнейшей механической обработке, такой, как шлифование, резка или сверление, для достижения требуемых размеров и форм. Также могут применяться различные отделочные процедуры для улучшения внешнего вида и свойств поверхности.

Эпоксидные компаунды, представляющие собой разновидность термореактивных полимеров, характеризуются рядом свойств, востребованных в различных промышленных отраслях:

1. Высокая механическая прочность. Эпоксидные компаунды характеризуются исключительными показателями механической прочности, включая прочность на растяжение, сжатие и изгиб. В связи с чем применимы в качестве структурных материалов и композитов. В частности, эпоксидные компаунды демонстрируют предел прочности на растяжение до 80 – 120 МПа и модуль упругости в диапазоне 2.5 – 4.0 ГПа, что обеспечивает надежность и долговечность в высоконагруженных компонентах ;

2. Высокая степень адгезии. Компаунды обладают высокой адгезией к различным материалам, таким, как металлы, стекло, керамика и пластик, что обуславливает их использование в качестве клеевых составов и герметиков. К примеру, эпоксидные компаунды демонстрируют адгезионную прочность на сдвиг до 15 – 25 МПа на металлах и 10 – 20 МПа на керамических и пластиковых поверхностях;

3. Химическая стойкость. Компаунды устойчивы к воздействию различных химических веществ (кислоты, щелочи, растворители и масла). Данное свойство связано с последующей применимостью в химической промышленности и в качестве антикоррозионной защиты. Так, эпоксидные компаунды сохраняют свои свойства при воздействии концентрированных кислот и щелочей при температуре до 80 °С и выдерживают погружение в различные растворители без значительных изменений механических свойств;

4. Термостойкость. Сохраняют свои свойства при высоких температурах, что позволяет использовать их в условиях повышенных температур, не размягчаются, не теряют прочности при нагреве. В частности, эпоксидные компаунды способны выдерживать температуры до 200 °С, сохраняя свои механические свойства, такие, как модуль упругости и прочность на сжатие. Предел прочности на изгиб при высоких температурах достигает 150 – 200 МПа.

Эпоксидные компаунды обладают высокими диэлектрическими свойствами – отличные изоляционные материалы для электрических и электронных компонентов. Показатели диэлектрической прочности достигают до 20 – 30 кВ/мм, удельного объемного сопротивления – порядка 10^{15} Ом·см.

Эпоксидные компаунды сохраняют свои механические и электрические свойства в условиях высокой влажности. Уровень влагопоглощения составляет менее 0,1% по массе.

Высокая устойчивость к старению и износу обеспечивает длительный срок службы изделий и покрытий.

Эпоксидные компаунды применяются в строительной отрасли, в автомобильной промышленности, при производстве медицинской техники, электроники и иных видов оборудования и сырья. Используются для соединения различных материалов, включая металлы, бетон, дерево и пластик, обеспечивают прочные и долговечные соединения, для заполнения трещин в бетоне и асфальте, что помогает восстановить и укрепить структуру. Эпоксидные покрытия используются для создания прочных и износостойких промышленных и коммерческих полов.

Компаунды защищают электронные компоненты от влаги, пыли и механических повреждений, используются в производстве трансформаторов, конденсаторов и других электрических устройств благодаря своим отличным диэлектрическим свойствам. Компаунды используются для склеивания и ремонта металлических и пластиковых деталей кузова, применяются в производстве и ремонте компонентов двигателей и т.д.

Эпоксидный компаунд на Предприятии 1 относится к перспективному производству, в связи с чем актуализация динамики показателей энергоэффективности и эмиссий будет осуществлена в рамках пересмотра справочника по НДТ в соответствии с пунктом 10 статьи 113 Экологического кодекса Республики Казахстан.

Производственная мощность перспективного производства эпоксидных компаундов составляет 10 тыс.т/год. Продукцией данной установки является эпоксидный компаунд, который представляет собой компонент А и компонент Б. Компоненты упаковываются отдельно. Их смешивание осуществляется перед использованием.

Компонент А: модифицированная эпоксидная смола, получаемая смешением диглицидилового эфира бисфенола А, активного разбавителя и силанового связывающего агента. Годовая производительность – 8 000 тонн.

Компонент Б: ароматический аминный отвердитель. Годовая производительность – 2 000 тонн.

Эпоксидный компаунд предназначен для использования в качестве связующего при производстве стеклопластиковых труб, получаемых методом "мокрой" намотки стеклоровинга, пропитанного полимеризационной смесью, на оправку, с последующей термообработкой в печи.

Планируемая установка состоит из блоков хранения сырья, реакции, упаковки продукции.

Производство компонента А. В реактор из нержавеющей стали с пароводяной рубашкой и мешалкой вводят основной компонент – диглицидиловый эфир бисфенола А и нагревают до 40 – 50 °С. При работающей мешалке постепенно вводят алкилглицидиловый эфир. После его растворения и получения однородного раствора тонкой струей из мерника добавляют силановый связывающий агент и при 60 – 80 °С проводят процесс смешивания, который продолжается в течение часа. После компонент А из реактора насосом перекачивается в резервуар для хранения и упаковки.

Производство компонента Б. После распаковки 4,4'-диаминодифенилметан выгружается в буферный приемный бункер и оттуда поступает в реактор для плавления, температура поддерживается на уровне 110 °С. После плавления он дозируется через расходомер и откачивается насосом подачи сырья в реактор из нержавеющей стали с пароводяной рубашкой и мешалкой. Далее остальные три компонента откачиваются дозирующими насосами из резервуаров хранения в мерники для дозировки и добавляются в реактор. Затем после 30-минутного перемешивания при температуре 80 – 100 °С компонент Б перекачивается насосом в резервуар хранения и далее на линию упаковки.

Основным технологическим оборудованием установки являются: насосное оборудование, осуществляющее побудительное движение компонентов сырья и готовой продукции по трубам к технологическому оборудованию; резервуары и мерники; реакторы с мешалкой и паровой рубашкой; реакторы для плавления (основной и резервный), представляющие собой так же реакторы с мешалкой и паровой рубашкой, для подогрева смеси; наливные машины и конвейеры упаковочной линии.

Производство компонентов представляет собой смешение готовых, поставляемых на завод материалов, при определенной температуре. Все производственные объекты представляют собой герметичное, связанное между собой оборудование.

Данная установка состоит из 44 технологических единиц оборудования, таких, как резервуары, реакторы, насосы, бункера, термостатированный бак, печи расплава, абсорбер.

3.6. Энергоэффективность

Спрос на энергию зависит от местной ситуации, интегрирована ли установка в более крупный комплекс, требуется пар низкого давления, или нет. Необходимо учитывать обмен энергией между различными установками.

При производстве органических веществ основными энергопотребляющими устройствами являются реакторы, обогреватели, системы охлаждения, компрессоры, насосы и вентиляторы. Значительное энергопотребление связано с процессами дистилляции, сушки и другими этапами обработки сырья и конечного продукта. Оптимизация эффективности этих устройств позволяет снизить энергозатраты и повысить экономическую эффективность производства.

Производство основных органических химических веществ и полимеров потребляет различные топливно-энергетические ресурсы на разных этапах процесса. Некоторые из наиболее распространенных ресурсов включают следующее:

Электроэнергия. Электроэнергия используется на различных этапах: синтез химических соединений и обработка сырья. Электроэнергия используется в качестве основного источника энергии, особенно в процессах, связанных с электролизом или другими электрохимическими методами;

Тепловая энергия используется для поддержания температурных режимов в реакторах, в процессах плавления и формирования полимерных материалов. Тепловая энергия в виде пара и вода играют важную роль в производстве основных органических химических веществ и полимеров в нескольких аспектах. Это реакционные процессы – пар или нагретая вода служат источником тепла для поддержания необходимых температур реакций; подогрев и охлаждение – водяные охладители используются для контроля температуры в реакторах или оборудовании; испарение и конденсация – процессы испарения и конденсации играют важную роль в различных химических процессах, включая дистилляцию, экстракцию и сепарацию различных компонентов. Пар и вода используются для создания атмосферы определенного давления и температуры, необходимой для эффективного испарения или конденсации;

Нефть и нефтепродукты. Это основной источник сырья для производства органических химических веществ и полимеров. Нефть используется для производства многих химических компонентов: этилен и пропилен, которые затем используются в производстве пластмасс и других полимеров.

Многие процессы в производстве химических веществ и полимеров требуют тепла или пара, посредством внедрения принципов энергоэффективности обеспечивается сжиганием природного газа. Природный газ может использоваться в качестве сырья для синтеза различных химических продуктов.

Для повышения энергоэффективности в производстве различных основных органических химических веществ и полимеров используются схожие технологии и общий подход, включающие использование эффективных катализаторов, процессный инжиниринг, систему управления и автоматизацию.

В качестве основных органических химических веществ и полимеров в рамках СНДТ рассмотрено производство МТБЭ, пропилена, полипропилена.

Технологические процессы используют различные комбинации этих ресурсов в зависимости от их доступности, экономической целесообразности и экологических соображений.

При производстве МТБЭ наблюдается значительное потребление энергии. Поэтапное описание потребления энергии при указанном производстве.

1. Подготовка сырья. Процесс начинается с загрузки исходного материала в соответствующие емкости и реакторы. Для этого необходима электрическая и тепловая энергия с целью приведения источника сырья к нужным температурам и параметрам давления для обогревательных реакторов.

1. Синтез МТБЭ. Этот этап является одним из самых энергоемких в процессе производства МТБЭ. Потребление энергии на этом этапе составляет 50 – 70 % от общего энергопотребления.

2. Дистилляция и очистка. После обработки МТБЭ исходные компоненты остаются в смеси. Полученный МТБЭ проходит несколько этапов отделения и очистки, чтобы удалить примеси и получить конечный продукт высокой чистоты. Это требует дополнительных процессов очистки (деэтерификация, дистилляция, экстракция, абсорбция) с использованием электрической и тепловой энергии. Потребление энергии на этом этапе может составлять примерно 20 – 30 % от общего объема потребления.

3. Другие процессы. Оставшаяся часть энергии уходит на вспомогательные процессы, что составляет 10 – 20 % от общего потребления энергии.

Все этапы сопровождаются потреблением электрической энергии, используемой для работы различных насосов, компрессоров и процесса контроля оборудования, и тепловая энергия, необходимая для нагрева и поддержания оптимальной температуры в реакторах. В целом процесс производства МТБЭ требует значительных затрат энергоресурсов, в целях поддержания высокой температуры, давления и проводить различные процессы очистки и изоляции.

Потребление энергетических ресурсов при производстве полипропилена используется во всех аспектах, особенно на этапах полимеризации и формовки. Ниже описано поэтапное потребление производства.

1. Подготовка сырья. Процесс подготовки пропилена из нефти и природного газа потребляет 10 – 20 % энергетических ресурсов, особенно на этапе разделения и очистки сырья.

2. Полимеризация. Этап требует высоких температур и давлений для катализации реакции полимеризации. Поддержание оптимальных условий для реакции требует энергию, особенно при использовании катализаторов. Этап преимущественно является наиболее энергоемким и занимает от 50 % до 70 % от общего потребления энергии в процессе производства полипропилена.

3. Формовка и экструзия. Процессы формовки и экструзии требуют подогрева полимера до определенной температуры, чтобы он стал формовым. Потребление энергии на этом этапе преимущественно составляет примерно 10 – 20 % от общего энергопотребления.

4. Другие процессы. После формовки продукт требует охлаждения и кондиционирования, что требует потребления энергии. Оставшаяся часть энергии уходит на охлаждение, управление процессом, обслуживание оборудования и другие вспомогательные процессы, что составляет примерно 10 – 20 % от общего потребления энергии.

Основным показателем энергетической эффективности производств является удельный расход энергетических ресурсов на единицу выпускаемой продукции. Для проведения сравнительного анализа удельных значений в качестве основной производимой продукции определены МТБЭ и полипропилен.

Сравнительный анализ фактического удельного расхода электрической и тепловой энергии на производство МТБЭ представлен в сравнении с ИТС 18- 2019 согласно таблице ниже.

Таблица 3.3. Сравнительный анализ фактического удельного расхода электрической и тепловой энергии на производство МТБЭ.

№ п/п	Наименование	Предприятие 1			ИТС 18-2019	
		2021	2022	2023	минимальный	максимальный
1	Электроэнергия, кВт*ч/т	59,7	48,5	58,5	10	55
2	Тепловая энергия (пар), Гкал/т	1,7	1,5	1,7	0,20	0,80

Фактический удельный расход электрической и тепловой энергии для производства полипропилена из пропан-пропиленовой фракции, получаемого по суспензионной технологии, в сравнении с ИТС 32-2018 представлен ниже.

Таблица 3.4. Фактический удельный расход электрической и тепловой энергии для производства полипропилена из пропан-пропиленовой фракции, получаемого по суспензионной технологии, в сравнении с ИТС 32-2018.

		Предприятие 1			

№ п/п	Наименование	2021	2022	2023	ИТС 32-2018
1	Электроэнергия, кВт ч/т	430	390	456	290 (580 *)-320 (640 *)
2	Тепловая энергия (пар), Гкал/т	0,63	0,58	0,59	1,4 (0,7 *)-1,6 (0,8*)

* При наличии теплового насоса на блоке разделения пропан-пропиленовой фракции.

Фактические показатели потребления сырья материалов и энергетических ресурсов при производстве полипропилена из пропан-пропиленовой фракции, получаемого по суспензионной технологии, в сравнении с ИТС 32-2018 и нормативами BREF ЕС представлены ниже. Информационные данные приведены по расходу пропилену как промежуточного продукта, получаемого из пропан-пропиленовой фракции.

Таблица 3.5. Фактические показатели потребления сырья материалов и энергетических ресурсов при производстве полипропилена из пропан-пропиленовой фракции, получаемого по суспензионной технологии, в сравнении с ИТС 32-2018 и нормативами BREF ЕС.

№ п/п	Потребление	Предприятие 1			ИТС 32-2018	BREF ЕС
		2021	2022	2023		
1	Пропилен из отделения подготовки сырья, кг/т	1251	1343	1284	1035-1060	1006

Удельный показатель пропилену из отделения подготовки сырья представлен в килограммах на тонну (кг/т) как соотношение количества пропилену, произведенного на каждую тонну исходного сырья, которое проходит через процесс подготовки.

Текущий уровень потребления сырья материалов и энергетических ресурсов при производстве полипропилена из пропан-пропиленовой фракции, получаемого по суспензионной технологии, превышает нормируемые показатели ИТС 32-2018 на 19 %, а BREF ЕС – на 22 %.

Причина превышения удельных показателей существенным образом зависит от многих факторов: от состава используемого оборудования, наличия современных систем регулирования и оптимизации технологических процессов. Достижение потенциала энергоэффективности и решения проблемы высоких удельных показателей требует комплексного подхода, включающего в себя внедрение систем автоматизации и управления процессами, использование передовых технологий и модернизацию оборудования для повышения их энергоэффективности.

3.7. Управление эмиссиями, отходами производства

3.7.1. Производство МТБЭ

Приведены данные по казахстанским предприятиям отрасли. По всей технологической цепочке производства МТБЭ (подготовка сырья, транспортировка, производство, выгрузка) имеют место организованные и неорганизованные выбросы загрязняющих веществ в виде углеводородов (смесь углеводородов предельных С1-С5 (58 %), метанола (35 %), МТБЭ (7 %)).

На этапе подготовки и транспортировки сырья в атмосферу выбрасывается метанол; при производстве МТБЭ – метанол, МТБЭ, смесь углеводородов предельных С1-С5, пропен; при отгрузке продукции – МТБЭ.

Пылегазоочистное оборудование. Для очистки азота от примесей метанола на производстве предусмотрена абсорбционная колонна, представляющая собой тепломассообменный аппарат для разделения газовых смесей, путем избирательного поглощения их отдельных компонентов жидким абсорбентом. Эффективность очистки абсорбционной колонны равна 93,99 %.

Количество метанола в азоте до очистки на Предприятии 1 составляет 273,3 г/м³, после очистки по результатам замеров – 0,00024 г/м³.

Таблица 3.6. Выбросы в атмосферный воздух при производстве МТБЭ.

№ п/п	Загрязняющее вещество	С, мг/Нм ³	2021 год	
1	Всего, в кг в т.ч.		1036,763	
2	в т.ч.		кг	кг/тонн
3	метанол	1,695	339,6	0,02
4	МТБЭ	1654,129	81,4	0,005
5	с м е с ь углеводородов предельных С1-С5		615,7	0,03

Водоснабжение и водоотведение на предприятии 1 предусмотрено от инженерных сетей сторонней организации. Сточные воды передаются на очистные сооружения согласно договору со специализированной организацией. Перед передачей сточных вод предприятием регулярно осуществляются исследования на содержание в сточной воде определенных загрязняющих веществ.

Образуются следующие виды отходов (в основном передаются специализированным организациям): каталитическое перегонное составляющее, катализатор синтеза МТБЭ (отработанный в форконтактерах), катализатор сероочистки, отходы десульфурации. Катализатор синтеза МТБЭ повторно используется в качестве фильтрующего агента в форконтактерах.

3.7.2. Производство пропилена

По всей технологической цепочке производства пропилена имеют место организованные и неорганизованные выбросы загрязняющих веществ. Основными

загрязняющими веществами (организованные источники) являются углеводороды (алканы C12-C19, смесь углеводородов предельных C6-C10 – 41%), оксид углерода (45%), азота диоксид (IV) (6%).

Таблица 3.7. Выбросы в атмосферный воздух основных загрязняющих веществ при производстве пропилена.

№ п/п	Загрязняющее вещество	С, мг/НмЗ	2023 год, тонн
1	Всего, в тоннах в т.ч.		2044,32
2	азота диоксид (IV	5,6-59,2	124,43
3	углерод оксид (окись углерода, угарный газ)	10-96	912,52
4	смесь углеводородов предельных C6-C10	-	395,5
5	алканы C12-19 /в пересчете на С/	-	439,4

Водоснабжение производственного процесса включает комплексные сооружения и систему питьевой воды. Сточные воды установки собираются в сеть производственно-дождевой канализации, затем направляются в блок резервной, солесодержащей воды и ливневых стоков и передаются сторонней организации по договору. Кислые стоки также передаются сторонней организации по договору.

Образуются следующие виды отходов: установка дегидрогенизации пропана (получение пропилена): резиновый материал; активированный уголь; отработанные молекулярные сита; кубовые продукты блока отпарки установки депропанализации; отработанный катализатор; инертные гранулы реактора; алюминиевые шарики для реакторов дегидрирования; молекулярные сита (цеолиты) для осушителей газа; адсорбент; катализаторная пыль; отработанное компрессорное масло.

Временное хранение образующихся отходов организовано на специальных площадках в зависимости от агрегатного состояния и физико-химических свойств. По мере формирования транспортной партии отходы передаются специализированным организациям.

3.7.3. Производство полимеров (полипропилена)

На Предприятии 1 при производстве ПП из пропан-пропиленовой фракции, получаемого по суспензионной технологии, выбросы загрязняющих веществ осуществляются через организованные источники: пропилен (68 %), оксид углерода (27 %), окислы азота (4 %), метан (менее 1 %).

От установки производства полипропилена в атмосферный воздух выбрасывается пропилен, от факельной установки – окислы азота, СО и СН.

При производстве ПП выбросы пропилена составляют 14,4 т/год.

Водоснабжение и водоотведение предусмотрено от городских инженерных сетей. Организована система оборотного водоснабжения. Сточные воды собираются в

колодец, затем направляются сторонней организации. Очистные сооружения на Предприятии 1 отсутствуют.

Образуются следующие виды отходов (передаются специализированным организациям): десульфурющий катализатор; молекулярные сита; керамические шары из инертного оксида алюминия; отработанное минеральное масло с антистатиком; отработанное компрессорное масло; бой стекла.

На Предприятии 2 образуются следующие виды отходов: отработанное углеводородное масло; тяжелые углеводороды/олигомеры с паровых секций; полимерный порошок из экструдера (крошка и некондиционный продукт после запуска экструдера); осадок из сепаратора сбросной воды; комковатый полимер и гранулы нестандартного размера; порошкообразный полипропилен, получаемый при чистке оборудования во время подготовки его к ремонту; использованный упаковочный материал.

Временное хранение образующихся отходов организовано на специальных площадках в зависимости от агрегатного состояния и физико-химических свойств. По мере формирования транспортной партии отходы передаются специализированным организациям. Операции по восстановлению, захоронению отходов не предусмотрены.

3.7.4. Производство полимерных изделий

При производстве полимерных изделий (нити, гранулы) выбросы углеводородов и оксида углерода осуществляются через организованные источники пропан-1-ол (пропиловый спирт) – 52 %, этилацетат – 19 %, по 8 % – углерод оксида и 1-метоксипропан-2-ола, по 6 % – пропилацетат и уксусная кислота).

Водоснабжение и водоотведение предусмотрены от городских инженерных сетей. Сброс сточных вод в канализацию не производится. Организована система оборотного водоснабжения. Сточные воды собираются в колодец, затем передаются сторонней организации. Очистные сооружения на Предприятии отсутствуют.

Образуются следующие виды остатков: загрязненные упаковочные материалы ЛКМ, остатки полимеров. Для утилизации отходов из ПП на территории Предприятия предусмотрена установка по вторичной переработке, в 2021 году переработано 529 тонн полимерных остатков.

3.7.5. Производство других полимеров

Источниками выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при осуществлении планируемого производства эпоксидного компаунда являются: резервуары хранения сырья и материалов; мерники сырья; насосное оборудование; реакторы; наливные стояки упаковочной линии; вытяжной шкаф химической лаборатории (5 источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух: 1 – неорганизованный и 4 организованных).

Таблица 3.8. Выбросы в атмосферный воздух при производстве эпоксидного компаунда.

№ п/п	Загрязняющее вещество	C, мг/Нм ³
1	Бисфенол А	106,9-436,0
2	Алкил (C10-16) диметиламины	25,5-497,7
3	Этанол	0,5-899,9
4	Фениламин (аэрозоль)	0,03
5	4,4'-диаминодифенилметан	1,1-3,4
6	1,4-бутандиол диглицидиловый эфир	22,1-33,30
7	Алкил C12-18 амины (по аминам)	0,76-6,7
8	Фталевобутиловый эфир	1,9-9,1

Сброс сточных вод в канализацию не планируется (передача сторонней организации). Очистные сооружения на Предприятии отсутствуют.

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

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

При определении НДТ необходимо применять общий подход к пониманию производственного процесса. Многие методы прямо или косвенно затрагивают несколько экологических аспектов (выбросы, сбросы, образование отходов, энергоэффективность).

Раздел не охватывает исчерпывающий перечень техник. Методы могут быть представлены по отдельности или в комбинации для достижения высокого уровня охраны окружающей среды в отраслях, входящих в сферу действия данного документа.

Существует множество процессов, вариаций оборудования и методов комбинации, используемых при производстве основных органических веществ и полимеров. Многие из техник и отдельных этапов производственных процессов являются общими, поэтому они описываются вместе.

4.1. Повышение интеграции производственных процессов

Описание

Использование, расширение и углубление производственно-технологических связей в совместном использовании ресурсов.

Реакционным (химическим) процессам свойственны термодинамические и кинетические ограничения (протекание обратимых реакций и низкие скорости реакций). Интеграция процессов является одним из способов решения вопросов таких ограничений. Объединение процессов, особенно на принципе одновременного протекания в рамках одного аппарата, приводит к созданию новых энерго- и ресурсосберегающих технологий [29].

Техническое описание

Для химической отрасли характерны как горизонтальная (объединение технологически однородных производств), так и вертикальная интеграции (производственное и организационное объединение предприятий, связанных общим участием в производстве, продаже, потреблении единого конечного продукта) [30].

Принципиальные пути энерго- и ресурсосбережения рассматриваются на различных иерархических уровнях, условно названных как нано-, микро-, мезо-, макро- и мегамасштаб.

На уровне наномасштаба огромное значение имеет катализ, являющийся основой химических производств. Доля каталитических процессов в химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности составляет 80 – 85 % и постоянно возрастает.

На уровне агрегата, завода (макромасштаб) рассматриваются интеграция и оптимизация технологических процессов и систем целого завода (химического комбината). Сопряжение материальных и энергетических потоков выполняется в масштабах целого предприятия.

Химическое производство представляет собой последовательный набор процессов. Особенно это характерно для производства органических веществ. Производственный комплекс, как правило, состоит из блока подготовки и очистки сырья, блока химического превращения и блока очистки и выделения целевых продуктов. Каждый блок связан с остальными блоками прямыми и обратными потоками вещества и энергии. Комбинация систем обвязок отражает, прежде всего, оптимальные технические решения технологов разделить проблему создания технологического процесса на классы химических, физико-химических и физических задач, которые решаются разными специалистами при помощи традиционных методов расчета. В ряде случаев это оправдано, поскольку одним из принципов технологии является простота решений.

Принцип раздельного осуществления химического превращения и разделения продуктов реакции является не только не обязательным, но и в ряде случаев неэффективным. Условно все комбинации процессов разделяются на три группы: последовательные, сопряженные и совмещенные (гибридные) [31]. К примеру, крупнотоннажное производство полимерных материалов (полиолефинов и синтетических волокон) интегрировано с производством другой продукции в составе компании ЛукОйл (Российская Федерация), что объясняется широким спросом на эти материалы в промышленности и на потребительском рынке [31]. Примером интеграции с нефтехимическими компаниями может служить практика ПАО "ГазПром" (Российская Федерация) по созданию нефтехимического холдинга. Примером вертикальной интеграции являются крупные парки химической промышленности во Франции – платформа Chem'pôle 64, Lavéra и другие [32].

Достигнутые экологические выгоды

Выбор оптимальной схемы зависит от использования критериев и оценки рассматриваемых вариантов: приведенные затраты на единицу продукции; удельные затраты энергии; коэффициенты извлечения целевых компонентов; предельные концентрации продуктов разделения (степень очистки) и другие.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Интеграция и оптимизация энергетических и материальных потоков крупных химических производств может дать экономию общих энергозатрат (по данным Linhoff March) для нефтехимии, неорганических производств, малотоннажной химии – до 30 %, для производств смол – до 25 %, пигментов – до 15 % [33].

При применении мембранного реактора в одном аппарате обеспечивается принцип совмещения процессов. При протекании обратимой реакции продукты (или один из продуктов) непрерывно удаляются через стенку реактора, представляющую собой полупроницаемую мембрану, смещая реакцию в прямом направлении. Применение мембранного реактора увеличивает выход целевых продуктов, повышает селективность процесса, значительно упрощает аппаратное оформление и в конечном счете приводит к рациональному использованию материалов и энергии. Образование бензола из циклогексана при использовании селективных газоразделительных мембран позволяет увеличить конверсию циклогексана в бензол примерно в 2,5 раза (особенно при использовании палладиевой мембраны). Реализация процесса в подобном мембранном реакторе позволяет достигать степени конверсии 99,5 % и более. Бензол становится практически единственным компонентом на выходе из реактора, что исключает последовательную операцию разделения бензола и циклогексана, значительно снижая стоимость производства.

Кросс-медиа эффекты

Дополнительные ресурсо- и энергозатраты требуются при, если производимое сырье не соответствует требованиям по качеству.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ. Применимость в отношении действующих производств может быть ограничена высокими финансовыми затратами.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна. К примеру, внедрение новых технологий и автоматизация процессов позволили Hardie Polymers Ltd (Шотландия) увеличить производительность на 15 % и снизить процент брака, что дополнительно сократило затраты на переработку и возвраты продукции [40].

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства Республики Казахстан.
Экономические выгоды.

4.2. Система экологического менеджмента

Описание

Система, отражающая соответствие деятельности предприятия целям в области охраны окружающей среды. СЭМ являются наиболее действенными и эффективными, если образуют неотъемлемую часть общей системы менеджмента и операционного управления производством.

Техническое описание

СЭМ позволяет операторам установок решать экологические проблемы на систематической и очевидной основе. Все действующие СЭМ включают концепцию непрерывного совершенствования, ведь управление окружающей средой – это непрерывный процесс. Существуют различные схемы процессов, но большинство СЭМ основаны на цикле PDCA (планируй – делай – проверяй – исполняй), который широко используется в других контекстах менеджмента организаций.

СЭМ принимает форму стандартизированной или нестандартной ("настраиваемой") системы. Внедрение и соблюдение международно-признанной стандартизированной системы, такой, как ISO 14001:2015, может повысить доверие к СЭМ, особенно при условии надлежащей внешней проверки.

Стандартизированные системы (ISO 14001:2015 и/или национальные документы в области стандартизации) и нестандартизированные системы в принципе применяются к организациям. Настоящий документ использует более узкий подход, не считая всех видов деятельности организации, например, в отношении их продуктов и услуг.

СЭМ может содержать следующие компоненты:

1) заинтересованность руководства, включая высшее руководство на уровне компании и предприятия (например, руководитель предприятия);

2) анализ, включающий определение контекста организации, выявление потребностей и ожиданий заинтересованных сторон, определение характеристик предприятия, связанных с возможными рисками для окружающей среды (и здоровья человека), и применимых правовых требований, касающихся окружающей среды;

3) экологическую политику, включающей постоянное совершенствование установки посредством менеджмента;

4) планирование и установление необходимых процедур, целей и задач в сочетании с финансовым планированием и инвестициями;

5) выполнение процедур, требующих особого внимания:

структура и ответственность;

набор, обучение, информированность и компетентность персонала;

внутренние и внешние коммуникации;

вовлечение сотрудников на всех уровнях организации;

документация (создание и ведение письменных процедур для контроля деятельности со значительным воздействием на окружающую среду, и соответствующих записей);

эффективное оперативное планирование и контроль процессов;

программа технического обслуживания;

готовность к чрезвычайным ситуациям и реагированию, включая предотвращение и /или снижение воздействия неблагоприятных (экологических) последствий чрезвычайных ситуаций;

обеспечение соответствия экологическому законодательству;

6) обеспечение соблюдения экологического законодательства;

7) проверку работоспособности и принятие корректирующих мер с уделением особого внимания к следующим действиям:

мониторинг и измерение;

корректирующие и превентивные действия;

ведение записей;

независимый внутренний и внешний аудит для определения соответствия СЭМ запланированным мероприятиям и определения, соответствующего внедрения, и технических параметров;

8) обзор СЭМ и ее постоянную пригодность, адекватность и эффективность со стороны высшего руководства;

9) подготовку регулярной отчетности, предусмотренной экологическим законодательством;

10) валидацию органом по сертификации или внешним верификатором СЭМ;

11) следование за развитием более чистых технологий;

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

13) применение отраслевого бенчмаркинга на регулярной основе (сравнение показателей своей компании с показателями лучших предприятий отрасли);

14) систему управления отходами;

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

16) инвентаризацию сточных вод и выбросов в атмосферу.

Достигнутые экологические выгоды

Поддержание и выполнение четких процедур в штатных и нештатных ситуациях и соответствующее распределение обязанностей дает гарантию того, что на предприятии всегда соблюдаются условия экологического разрешения, достигаются поставленные

цели и решаются задачи. СЭМ обеспечивает постоянное улучшение экологической результативности.

Группа компаний BASF (Германия) в рамках производства акриловой кислоты из пропилена в результате внедрения системы экологического менеджмента достигла результата по снижению нежелательных побочных продуктов на 75 %. Дополнительным преимуществом предприятий специализированного химического производства можно отнести уменьшение количества отходов, экономию энергии, снижение затрат на систему управления отходами [34].

Экологические показатели и эксплуатационные данные

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

Цель применения методов экологического менеджмента заключается в снижении воздействия установки на окружающую среду в целом.

На предприятиях химической промышленности Германии действуют нормы EN ISO 9001 и ISO 14001, внедрение и сертификация норм позволяют облегчить процесс повышения конкурентоспособности, обеспечивая снижение затрат и повышение репутационного уровня [34].

Системы экологического менеджмента Dow также направлены на достижение значительных целей по сокращению выбросов углерода и улучшению энергоэффективности. К 2030 году компания планирует сократить свои чистые ежегодные выбросы углерода на 5 млн. тонн по сравнению с уровнем 2020 года, что соответствует снижению на 15 %. Эти меры не только помогают улучшить экологическую ситуацию, но и значительно снижают операционные затраты компании [41].

Кросс-медиа эффекты

Систематический анализ воздействия на окружающую среду и выявления технических и технологических решений для улучшений в контексте СЭМ создает основу для применения наилучших решений для всех компонентов окружающей среды

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

Компоненты СЭМ применяются в соответствии с техническими характеристиками приборов замеров. Охват (например, уровень детализации) и формы системы

экологического менеджмента должны соответствовать эксплуатационным характеристикам применяемого технологического оборудования и уровню воздействия на окружающую среду.

Специально для отрасли производства органических химических веществ необходимо учитывать следующие потенциальные особенности СЭМ: воздействие на окружающую среду в результате возможного вывода установки из эксплуатации на этапе проектирования новой установки; разработка более чистых технологий если практически возможно; применение мероприятий по повышению энергоэффективности и энергосбережению; выбор исходных материалов и иные критерии.

К примеру, группа компаний BASF (производство пропилена) использует Eco-Management and Audit Scheme (EMAS), которые помогают оценивать и улучшать экологические показатели. Внедрение EMAS позволяет компании минимизировать воздействие на окружающую среду и повысить энергоэффективность производственных процессов [47].

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Определение стоимости и экономической эффективности внедрения и поддержания действующей СЭМ определяется в каждом конкретном случае. Исследование, проведенное Немецким институтом предпринимателей (Unternehmerinstitut/Arbeitsgemeinschaft Selbständiger Unternehmer UNI/ASU, 1997, Umweltmanagementbefragung - Öko-Аудит в области практики Миттельштандарта - Оценка и анализ эффективности управления системами Umweltmanagementsyst СЭМ в области практики, Бонн) содержит информацию о средней экономии в год, достигнутой при использовании СЭМ, и среднем сроке окупаемости.

Стоимость внедрения СЭМ составляет около 25,2 млн. тенге ($\approx 50\,000$ долларов США), что соответствует сроку окупаемости около полутора лет.

Dow Chemical Company (США) реализовала ряд инициатив по системам экологического менеджмента, которые принесли значительные экономические выгоды. Эти меры включают в себя сокращение затрат на энергопотребление, снижение затрат на сырье и логистику, а также улучшение производительности за счет автоматизации и систем мониторинга [42].

Движущая сила внедрения

СЭМ обеспечивает ряд преимуществ: улучшение экологических показателей предприятия, основы для принятия решений, понимания экологических аспектов компании, мотивации персонала, качества продукции, экологической результативности ; дополнительные возможности снижения эксплуатационных затрат и снижение затрат, связанных с экологическими нарушениями, невыполнением установленных требований и др.

4.3 Система энергетического менеджмента

Описание

Метод состоит во внедрении и поддержании функционирования СЭнМ. Реализация и функционирование СЭнМ могут быть обеспечены в составе существующей системы менеджмента (например, системы экологического менеджмента) или создания отдельной системы энергоменеджмента.

Данная техника основана на комплексе административных действий, направленных на обеспечение рационального потребления энергетических ресурсов объекта управления, включающих разработку и реализацию политики энергосбережения, планов мероприятий, процедур и методик мониторинга, оценки энергопотребления и иных решений, направленных на повышение энергоэффективности.

Техническое описание

Система управления энергетической эффективностью состоит во внедрении и поддержании СЭнМ (например, ISO 50001).

В состав СЭнМ, в зависимости от конкретных условий, входят перечисленное ниже :

- обязательства высшего руководства (рассматриваются как необходимая предпосылка успешного менеджмента энергоэффективности);

- разработка и принятие политики энергоэффективности высшим руководством;

- проведение энергоаудита, энергетического обследования с целью выявления нерационального использования энергетических ресурсов и выработки мер по повышению энергетической эффективности;

- планирование и определение целей и задач согласно результатам энергоаудита;

- разработка и соблюдение процедур, в которых уделяется особое внимание следующим вопросам: организационная структура и ответственность, обучение, обеспечение осведомленности и компетентности, информационный обмен, участие сотрудников, документирование, эффективный контроль технологических процессов, техническое обслуживание, готовность к чрезвычайным ситуациям, обеспечение соответствия указанных процедур законодательным требованиям в области энергоэффективности и соответствующим соглашениям (если таковые существуют);

- сравнительный анализ: установление и периодическая оценка показателей энергоэффективности, а также систематическое и регулярное сопоставление с отраслевыми, национальными и региональными ориентирами в области энергоэффективности при наличии подтвержденных данных;

- оценка результативности и корректирующие действия, с уделением особого внимания следующим вопросам: мониторинг и измерения; корректирующие и профилактические действия; ведение записей; независимый (там, где это возможно) или внутренний аудит с целью оценки того, соответствует ли система установленным требованиям, а также того, внедрена ли она и поддерживается ли надлежащим образом;

регулярный анализ СЭнМ со стороны высшего руководства, соответствия целям, а также адекватности и результативности.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение расходов на энергоресурсы за счет снижения потребления энергии и ресурсов, а также повышения эффективности и надежности работы оборудования, улучшение экологических показателей. Меры по снижению потребления энергии приводят к экономии ресурсов и сокращению выбросов, включая диоксид углерода (CO_2). Мероприятия по энергосбережению оказывают влияние на загрязнение окружающей среды через уровень расхода топлива на производство энергии.

Внедрение системы энергоменеджмента способствует снижению потребления энергии и ресурсов в среднем на 3 – 5 %, улучшению экологических показателей и соблюдению законодательных норм и требований.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Оценка опыта внедрения СЭнМ на предприятиях как в Казахстане, так и за рубежом показывает, что организация и внедрение СЭнМ позволяют снизить потребление энергии и ресурсов ежегодно на 1 – 5 % (на начальном этапе до 10 %), что соответственно приводит к снижению выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов [35]. Применение энергетического менеджмента на предприятиях играет огромную роль для ограничения выбросов парниковых газов.

В рамках Государственного энергетического реестра, согласно заключениям по итогам энергетического аудита и планам мероприятий в области энергосбережения и повышения энергоэффективности на ТОО "Атырауский нефтеперерабатывающий завод" была внедрена технология рекуперации конденсатов установок ЭЛОУ-АВТ-3 с целью возврата пароконденсата и экономии потребления воды, что позволило достичь экономии энергетических ресурсов до 2737 т.у.т. или 19140 Гкал/год. Внедрение данной технологии позволило снизить годовое энергопотребление на 0,3 %.

Компания S-OIL (Республика Корея) внедрила идеи по энергосбережению, что позволило достичь показателя более 95 % от запланированного.

Энергетический план Dow Chemical Company (США) направлен на ускорение разработки экономически эффективных и экологически чистых альтернативных источников энергии с целью обеспечения к 2025 году 750 МВт чистой электроэнергии. К примеру, предприятие Dow (Питтсбург, Калифорния) использует солнечную энергию для обеспечения части мощностей предприятия [49].

Кросс-медиа эффекты

Кросс-медийные эффекты от внедрения системы энергоменеджмента в производстве органической химии охватывают множество аспектов, включая экономические, энергетические, экологические и социальные выгоды.

Система энергетического менеджмента способствует снижению энергоемкости, удельного расхода энергоресурсов на производство химической продукции и сокращению выбросов парниковых газов.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

Описанные выше компоненты, могут быть применены ко всем объектам, входящим в область действия настоящего документа. Объем (например, уровень детализации) и характер СЭнМ (например, стандартизированная или нестандартизированная) связанные с масштабом и сложностью установки, и с диапазоном воздействия на окружающую среду.

Применение системы энергоменеджмента в химической промышленности может значительно снизить расходы на энергию, улучшить энергоэффективность и способствовать устойчивому производству. Успешная реализация требует комплексного подхода, включая интеграцию с существующими системами автоматизации и учета особенностей производства.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Потребление энергии может составлять до 50 % от общих эксплуатационных затрат, в зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае. Как следствие, снижение энергопотребления или повышение эффективности завода снижает общие эксплуатационные расходы.

Использование энергоэффективных технологий и методов на Hardie Polymers Ltd. (Шотландия) [43] позволило сократить затраты на сырье и энергию на 10 – 20 %. Это снижение достигнуто благодаря уменьшению необходимости в первичных материалах и снижению затрат на энергопотребление из-за оптимизированных процессов производства.

Экономия за счет улучшенных механических свойств на INEOS (Великобритания): полимеры с улучшенными механическими свойствами позволяют создавать более прочные и долговечные изделия, что снижает потребность в частой замене и ремонте. Это привело к экономии на эксплуатационных расходах и увеличению срока службы продукции.

Движущая сила внедрения

Улучшение экологических показателей, повышение энергоэффективности и ресурсосбережения, обеспечение устойчивости производственных и энергетических процессов.

4.4 Управление технологическим процессом

Описание

Автоматизация, мониторинг и улучшение производственных процессов с использованием цифровых технологий для оптимизации решений и исключения несанкционированных действий, и снижения негативного воздействия на окружающую среду.

Техническое описание

1. Системы "умного" управления энергопотреблением:

выбор платформы: разработка или выбор платформы для мониторинга и управления энергопотреблением;

интеграция со счетчиками: подключение системы к приборам учета энергии для получения точных данных о потреблении;

удаленное управление: развертывание средств для удаленного управления энергопотреблением и отключением неиспользуемого оборудования;

алгоритмы оптимизации: внедрение алгоритмов оптимизации расхода энергии, учитывающих пиковые нагрузки и режимы работы.

2. Интеграция IoT и датчиков:

установка датчиков: развертывание датчиков температуры, влажности, давления и других параметров в ключевых точках производства;

системы связи: подключение датчиков к беспроводным сетям для передачи данных в реальном времени;

IoT-платформа: разработка или выбор платформы для управления и анализа данных, поступающих от устройств IoT.

3. SCADA и автоматизация производственных процессов:

SCADA-система: Развертывание системы сбора и управления данными для визуализации и контроля производственных процессов;

подключение оборудования: интеграция системы с существующим производственным оборудованием для сбора данных о состоянии и работе оборудования;

разработка программируемого логического контроллера: создание или обновление программного обеспечения для автоматизации производственных процессов;

системы аналитики: внедрение систем аналитики данных для обработки, анализа и визуализации больших объемов информации.

4. Масштабирование и оптимизация:

постепенное внедрение: поэтапное внедрение системы в различных технологических процессах;

оптимизация алгоритмов: регулярное обновление и оптимизация алгоритмов управления и аналитики на основе обратной связи и результатов работы;

техническое внедрение систем автоматизации и управления энергопотреблением и производственными процессами требует внимательного проектирования, интеграции

различных технологических компонентов и последующей оптимизации для достижения максимальной энергоэффективности.

Достигнутые экологические выгоды

Оптимизация энергопотребления: Системы автоматизации позволяют более эффективно управлять энергопотреблением оборудования, предотвращая избыточное потребление энергии в периоды простоя или минимизируя энергозатраты при низкой загрузке.

Снижение выбросов: Автоматизированные системы способствуют точному управлению параметрами производственных процессов, что ведет к снижению выбросов и более эффективному использованию сырьевых материалов.

Снижение отходов: Автоматизация может улучшить качество продукции, сократив количество дефектов и, следовательно, уменьшив объем производственных отходов.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Внедрение систем управления производством приводит к значительным экологическим выгодам, но общепринятого стандарта или однозначного числа, представляющего собой процент экономии энергии или удельного значения, от внедрения технологии, не существует. Определение данных показателей зависит от конкретных условий внедрения и использования систем.

Многие исследования и примеры внедрения системы автоматизации и управления энергопотреблением и производственными процессами показывают, что можно сократить расходы энергии на 10 % и более.

Побочные продукты зачастую обладают сильным запахом. Производство смол преимущественно осуществляется в закрытой системе и включает обработку газообразных выбросов. Для очистки отходящих газов от запахов в настоящее время используются следующие методы: регенеративное термическое окисление (термическое окисление с рекуперацией энергии); адсорбция активным углем, особенно на небольших производственных площадках.

Lotte Chemical (Республика Корея) внедрила системы биофильтрации для очистки выбросов от органических веществ, что позволяет значительно уменьшить запахи и концентрацию ЛОС [50].

По анализу опыта внедрения системы автоматизации контроля, учета и управления энергопотреблением и производственными процессами по итогам энергетических аудитов и планов мероприятий в области энергосбережения и повышения энергоэффективности. сокращение потребления энергоресурсов в среднем на 3,5 % от базового уровня.

Внедрение систем мониторинга и управления энергопотреблением позволило компании LyondellBasell (Германия) снизить затраты на энергию на 10 – 20 %. Оптимизация процессов также привела к сокращению расхода материалов, что уменьшило операционные расходы [51].

Кросс-медиа эффекты

Кросс-медийные эффекты от внедрения систем автоматизации и управления энергопотреблением и производственными процессами в области органической химии охватывают множество аспектов, включая экономические, энергетические, экологические и социальные выгоды.

Внедрение данной системы позволяет рассчитывать пиковые нагрузки и автоматически управлять потреблением энергии в оптимальный период. Оптимизация производственных процессов с помощью автоматизации позволяет контролировать использования сырья и энергоресурсов, снижая потери, расходы и сокращая затраты на избыточное потребление электроэнергии для производства продукции.

Системы автоматизации и управления энергопотреблением и производственными процессами снижают влияние человеческого фактора, уменьшая возможность ошибок и несоответствий. Фактор способствует возможности предоставления отчетов об экологических и энергетических показателях, обеспечивая надежные данные для проведения дальнейшего анализа соответствия установленных норм.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

Практически на промышленных предприятиях применяются системы автоматизации для оптимизации энергопотребления и управления производственными процессами. Это может включать в себя автоматическое регулирование температуры, давления, освещения и других параметров в зависимости от текущих условий производства.

BASF (Германия) использует системы SCADA для мониторинга выбросов и сточных вод на своих предприятиях. Системы SCADA позволяют собирать данные с различных датчиков и анализаторов, анализировать их и генерировать отчеты для внутреннего использования и внешних регуляторов. Внедрение систем мониторинга и контроля позволило увеличить долю электроэнергии из возобновляемых источников до 20 %, что также способствовало снижению затрат на энергию.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Определение стоимости внедрения систем автоматизации и управления энергопотреблением и производственными процессами в области органической химии является сложным. В связи цены на системы, которые зависят от различных факторов, таких, как размер и сложность системы, количество узлов управления, используемые функции и возможности, технические требования интеграции, уровень поддержки и обслуживания, выбор поставщика, существующая инфраструктура и другие факторы.

Для небольших предприятий с базовыми потребностями стоимость может начинаться от десяти тысячи долларов. Для крупных предприятий с комплексными требованиями и высокими стандартами безопасности и надежности стоимость будет значительно выше.

Стоимость одного газоаналитического ИК данного типа составляет около

Стоимость программы временных измерений оценивается в 15 млн. тенге ($\approx 30\,000$ долларов США). за одну линию исходя из годовой программы измерений. Стоимость может варьироваться в зависимости от типа технологического процесса и количества установленных фланцев.

Благодаря системам предиктивного обслуживания и автоматизации мониторинга выбросов, LyondellBasell (Германия) удалось снизить затраты на обслуживание и ремонт оборудования на 5 – 15 % [51].

Движущая сила внедрения

Применение систем предиктивного обслуживания и автоматизации мониторинга выбросов позволяет повысить энергоэффективность, экономичность и снизить воздействие на окружающую среду, улучшить экологические показатели и обеспечить устойчивость производственных и энергетических процессов.

4.1. Мониторинг эмиссий

Описание

Мониторинг эмиссий – это мероприятия ориентированные на систематические наблюдения за изменениями химических или физических параметров в различных средах, основанный на повторяющихся измерениях или наблюдениях с определенной частотой, в соответствии с задокументированными и согласованными процедурами. Мониторинг проводится для получения достоверной (точной) информации о содержании загрязняющих веществ в отходящих потоках (выбросы, сбросы) для контроля и прогнозирования возможных воздействий на окружающую среду.

Техническое описание

Частота проведения мониторинга зависит от вида загрязняющего вещества (токсичность, воздействие на ОС и человека), характеристик используемого материала, мощности предприятия, а также применяемых методов сокращения выбросов, с целью получения репрезентативных данных для контролируемого параметра.

При выполнении мониторинга атмосферного воздуха основное внимание уделяется состоянию окружающей среды в зоне активного загрязнения (для источников загрязнения атмосферы), а также в зоне воздействия когда необходимо для отслеживания соблюдения экологического законодательства Республики Казахстан и нормативов качества окружающей среды.

Используемые для мониторинга методы, средства измерений, применяемое оборудование, процедуры и инструменты должны соответствовать действующим стандартам на территории Республики Казахстан. Использование международных

стандартов должно быть регламентировано нормативно-правовыми актами Республики Казахстан.

Перед проведением замеров необходимо составление плана мониторинга, учитываются такие показатели, как режим эксплуатации установки (непрерывный, прерывистый, операции пуска и останова, изменение нагрузки), эксплуатационное состояние установок по очистке газа или стоков, факторы возможного термодинамического воздействия.

При определении методов измерений, точек отбора проб, количества проб и продолжительности их отбора необходимо учитывать такие факторы, как:

- режим работы установки и возможные причины его изменения;

- потенциальную опасность выбросов;

- время, необходимое для отбора проб с целью получения наиболее полной информации об определяемом загрязняющем веществе в составе газа.

Преимущественно при выборе эксплуатационного режима для проведения измерения выбирается режим, при котором могут быть отмечены максимальные выбросы (максимальная нагрузка).

При этом для определения концентрации загрязняющих веществ в сточных водах используется случайная проба или объединенные суточные пробы (24 часа), основанные на отборе проб пропорционально расходу или усредненные по времени.

При отборе проб неприемлемо разбавление газов или сточных вод, полученные при этом показатели нельзя будет считать объективными.

Мониторинг эмиссий может проводиться как при помощи инструментальных замеров, так и расчетным методом.

Результаты измерений должны быть репрезентативными, взаимно сопоставимыми и четко описывать соответствующее рабочее состояние установки.

Точки отбора проб

Точки отбора проб должны соответствовать требованиям законодательства Республики Казахстан в области измерений. Точки отбора проб должны:

- четко обозначенными;

- иметь постоянный поток газа в точке отбора (при технической возможности);

- иметь необходимые источники энергии;

- иметь доступ и место для размещения приборов и специалиста;

- обеспечивать соблюдение требований безопасности на рабочем месте.

Компоненты и параметры

Компонентами производственного мониторинга являются контролируемые загрязняющие вещества, присутствующие в эмиссиях в окружающую среду (выбросы, сбросы), измеряемые или рассчитываемые на основе утвержденных методических документов.

Стандартные условия

При исследованиях состояния атмосферного воздуха необходимо учитывать:

- температуру окружающей среды;
- относительную влажность;
- скорость и направление ветра;
- атмосферное давление;
- общее погодное состояние (облачность, наличие осадков);
- объем газовой смеси;
- температуру отходящего газа (для расчета концентрации и массового расхода);
- содержание водяных паров;
- статическое давление, скорость потока в канале отходящего газа;
- содержание кислорода.

Параметры могут использоваться при установлении наличия определенных компонентов в эмиссиях.

Наблюдения за качественными и количественными показателями отходящих потоков, мониторингу подлежат параметры основных технологических процессов, к которым относятся:

- количество загружаемого сырья;
- производительность;
- температура горения (или скорость потока);
- количество подсоединенных аспирационных установок;

- скорость потока, напряжение и количество удаляемой пыли из очистных сооружений вместо концентрации пыли;

- датчики утечки для применяемого очистного оборудования.

В дополнение к вышеперечисленным параметрам для эффективной работы установки и системы очистки отходящих газов могут быть необходимы дополнительные измерения определенных параметров (таких, как напряжение и электричество (электрофильтры), перепад давления (рукавные фильтры) и концентрации загрязняющих веществ на различных установках в газоходах (например, до и после пылегазоочистки).

Непрерывное и периодическое измерение выбросов

Непрерывный мониторинг предполагает постоянное измерение и проводится посредством АСМ на организованных источниках согласно требованиям действующего экологического законодательства Республики Казахстан.

Возможно непрерывное измерение нескольких компонентов в газах или в сточных водах и в некоторых случаях точные концентрации могут определяться непрерывно или в виде средних значений в течение согласованных периодов времени (почасово, посуточно и т.д.). В этих случаях анализ средних значений и использование процентилей позволяет обеспечить гибкий метод демонстрации соответствия технологическим показателям, а средние значения автоматически оценить.

Пример АСМ на объектах группы компаний BASF: используют системы непрерывного мониторинга выбросов (CEMS) на своих предприятиях для измерения и контроля выбросов в реальном времени.

Периодические измерения включают определение измеряемой величины с заданными временными интервалами с использованием ручных или автоматизированных методов. Периодичность измерений преимущественно являются регулярными (например, один раз в месяц или один/два раза в год). Длительность отбора определяется как период времени, в течение которого образец отбирается. Количество отбираемых проб может быть различным, в зависимости от определяемого вещества, условий отбора проб. Для получения достоверных показателей стабильного выброса наилучшей рекомендуемой практикой является получение, как минимум, трех выборок последовательно в одной серии измерений.

Продолжительность и время измерений, точки отбора проб, измеряемые вещества (загрязнители и косвенные параметры) также устанавливаются на начальном этапе, при определении целей мониторинга.

Компания Dow Chemical (США) применяет комплексный подход к мониторингу выбросов, включая использование стационарных и передвижных систем мониторинга, а также портативных анализаторов для оперативного измерения выбросов.

Оценку воздействия выбросов и их сокращения с течением времени следует сопоставлять с относительной долей неорганизованных и организованных источников выбросов на конкретном участке. Сравнение полученных результатов со стандартами качества окружающей среды, пределом воздействия на рабочем месте или прогнозируемыми значениями концентраций.

Воздействие предприятия на водные ресурсы определяется оценкой рационального использования воды, степенью загрязнения сточных вод, возможностями их очистки на локальных очистных сооружениях, решением вопросов регулирования, сброса и очистки поверхностного стока.

Целью мониторинга состояния почвенного покрова является получение аналитической информации о состоянии почв для оценки воздействия предприятия на их качество. Мониторинг уровня загрязнения земель проводится в экстремальный сезон – осенью.

4.1.1. Мониторинг выбросов загрязняющих веществ

Производственный мониторинг является частью проводимого ПЭК, который проводится для получения объективных данных с установленной периодичностью о воздействии производственной деятельности предприятия на окружающую среду.

Организованные выбросы в атмосферный воздух, а также параметры процессов контролируются с использованием периодических или непрерывных методов измерения в соответствии с утвержденными стандартами.

Тип применяемого мониторинга (непрерывные или периодические измерения) зависит от ряда факторов, таких, как: природа загрязняющего вещества, экологическая значимость выбросов или ее изменчивость.

Мониторинг выбросов может осуществляться методом прямых измерений:

инструментальный метод, основанный на автоматических газоанализаторах, непрерывно измеряющих концентрации загрязняющих веществ в выбросах контролируемых источников (непрерывные измерения);

инструментально-лабораторный – основанный на отборе проб отходящих газов из контролируемых источников с последующим их анализом в химических лабораториях (периодические измерения);

расчетный метод – основанный на использовании методологических данных.

Мониторинг выбросов в атмосферном воздухе может проводиться для организованных источников выбросов, так и для неорганизованных источников.

Мониторинг концентраций загрязняющих веществ в отходящих газах осуществляется в форме периодических или непрерывных измерений. Периодические замеры проводятся специализированным персоналом путем краткосрочного отбора проб отходящих газов в трубе. Для измерений образец отходящего газа извлекается из газохода и загрязняющее вещество анализируется мгновенно с помощью переносных измерительных систем (например, газоанализаторов) или впоследствии в лаборатории. Мониторинг эмиссий посредством непрерывных измерений (автоматизированный мониторинг) осуществляется измерительным оборудованием, установленным непосредственно в дымовой трубе, а также в газоходе с соблюдением действующих в Республики Казахстан стандартов отбора проб.

Особое внимание уделяется мониторингу неорганизованных выбросов, так как их количественное определение требует больших трудовых и временных затрат. Имеются соответствующие методики измерения, но уровень достоверности результатов, получаемых с их применением, низок и в связи с увеличением числа потенциальных источников оценка суммарных неорганизованных выбросов может потребовать более существенных затрат, чем при выбросах от точечных источников.

Методы количественного определения неорганизованных выбросов:

метод аналогии с организованными выбросами, основанный на определении "эквивалентной поверхности", через которую измеряется поток вещества;

оценка утечек из оборудования;

использование расчетных методов с помощью коэффициентов для определения выбросов из емкостей для хранения, во время погрузочно-разгрузочных операций, а также выбросов, возникающих в результате деятельности очистных сооружений и пр.;

использование устройств для оптического мониторинга (обнаружение и определение концентраций загрязняющих веществ в результате утечки с подветренной

от предприятия стороны с использованием электромагнитного излучения, которое поглощается и/или рассеивается загрязняющими веществами);

метод материального баланса (учет входного потока вещества, накопление, выходной поток этого вещества, а также его разложение в ходе технологического процесса, итогом разложения остаток считается поступившим в окружающую среду в виде выбросов);

выпуск газа-трассера в различные выбранные точки или зоны на территории предприятия, а также в точки, расположенные на разной высоте на этих участках;

метод оценки по принципу подобия (количественная оценка выбросов исходя из результатов измерения качества воздуха с подветренной стороны, с учетом метеорологических данных);

оценка мокрых и сухих осадений загрязняющих веществ с подветренной от предприятия стороны, что позволит впоследствии оценить динамику этих выбросов (за месяц или за год).

Точки отбора проб должны отвечать требованиям действующего экологического законодательства РК.

Измерение неорганизованных выбросов от площадных источников является более сложным и требует более тщательно разработанных методов, так как:

характеристики выбросов регулируются метеорологическими условиями и подвержены большим колебаниям;

источник выбросов может иметь большую площадь и может быть определен с неточностью;

погрешности относительно измеренных данных могут быть значительны.

Мониторинг неорганизованных выбросов, попадающих в атмосферу от неплотностей технологического оборудования, должен проводиться с помощью оборудования для обнаружения утечек ЛОС. Если объемы утечек малы и их невозможно оценить инструментальными замерами, то может применяться метод массового баланса в сочетании с отдельными измерениями концентраций загрязняющих веществ.

Описанные методы для мониторинга неорганизованных выбросов разработаны с учетом международного опыта и находятся на той стадии, когда они не могут выдать точные и надежные фактические показатели, однако они позволяют показывать ориентировочные уровни выбросов или тенденции возможного увеличения выбросов за определенный период времени. При применении одного или нескольких предлагаемых методов необходимо учитывать местный опыт использования, знания местных условий, особой конфигурации установки и т.п.

В список контролируемых веществ должны включаться загрязняющие вещества (в том числе маркерные), которые присутствуют в выбросах стационарных источников и в отношении которых установлены технологические нормативы, предельно

допустимые выбросы с указанием используемых методов контроля (инструментальные).

Мониторинговые наблюдения за состоянием атмосферного воздуха на территории предприятия и в границах области воздействия (мониторинг воздействия) проводятся согласно утвержденной Программе ПЭК.

Таблица 4.1. Рекомендации по проведению мониторинга

№ п/п	Метод (оборудование)	Периодичность
1	2	3
1	Параметры процесса, свидетельствующие о стабильности процесса.	Непрерывно
2	Мониторинг и стабилизация критических параметров процесса: однородность сырья, подача топлива, подача добавок, уровень избытка воздуха.	Непрерывно
3	Выбросы МЗВ (МТБЭ, окислов азота, аммиака, пропилена)	Непрерывно, с учетом правил АСМ
4	Выбросы изобутилена, метанола (при наличии) при производстве МТБЭ, углеводов при производстве эпоксидного компаунда.	Периодически (в соответствии с программой ПЭК)

Методы и инструменты, используемые для мониторинга эмиссий в атмосферный воздух, устанавливаются соответствующими национальными нормативно-правовыми актами.

4.5.1. Мониторинг сбросов загрязняющих веществ в водные объекты

Производственный мониторинг водных ресурсов представляет единую систему наблюдений и контроля деятельности предприятия для своевременного выявления и оценки происходящих изменений, прогнозирования мероприятий, направленных на рациональное использование водных ресурсов и смягчение воздействия на окружающую среду.

В рамках производственного мониторинга состояния водных ресурсов предусматривается контроль систем водопотребления и водоотведения и осуществление наблюдений за источниками воздействия на водные ресурсы рассматриваемого района, и рациональным использованием.

Необходимо отметить отсутствие сброса сточных вод в водные объекты от предприятий по производству основных органических химических веществ и полимеров в Республике Казахстан.

Достигнутые экологические выгоды

Контроль эффективности процессов связан с очисткой эмиссий в целях проведения анализа достижимости поставленных экологических целей, и выявления и устранения возможных аварий и инцидентов. Сокращение неорганизованных выбросов.

Установка систем мониторинга выбросов и контроль за ними привели к снижению рисков штрафов за превышение нормативов загрязнения воздуха на Dow Chemical (США). В результате сокращены выбросы загрязняющих веществ, таких, как летучие органические соединения и бензол.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Разработка программы мониторинга на каждом предприятии ведется с учетом специфики производственного процесса, используемого сырья, климатических условий, существующего состояния окружающей среды и иное. Компания S-OIL эксплуатирует станцию очистки сточных вод. Станция обрабатывает сточные воды физическими, химическими и биологическими методами для обеспечения удаления загрязняющих веществ. Информационные данные о качестве воды передаются административным учреждениям в режиме реального времени. Увеличена емкость резервуара для хранения осадков на период сильных дождей и усилен мониторинг 32 конкретных загрязняющих веществ.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

Компания ExxonMobil (США) использует автоматизированные системы мониторинга для контроля процессов производства МТБЭ, что позволило снизить операционные затраты и улучшить качество продукции. По оценкам компании, внедрение системы АСМ на объектах способствовало достижению структурной экономии затрат на сумму более 6 млрд. долларов. Мероприятие позволило компании не только сократить операционные затраты, но и улучшить производительность и снизить риски, связанные с выбросами и экологическим воздействием [45]. Применение систем мониторинга улучшило управление качеством продукции и обеспечило более точный контроль производственных параметров, что привело к сокращению количества дефектов и повышению эффективности использования ресурсов.

Компания "Ставролен" (Российская Федерация) внедрила системы непрерывного мониторинга выбросов, которые позволяют отслеживать концентрации вредных веществ в реальном времени и принимать оперативные меры по их снижению.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

LyondellBasell (Германия) реализовала АСМ на своих предприятиях, что привело к значительным экономическим выгодам. Внедрение АСМ в комплексе Channelview (штат Техас, США) позволило компании снизить эксплуатационные расходы и улучшить производственные процессы. Это было достигнуто за счет повышения эффективности использования ресурсов и уменьшения количества простоев оборудования. Снижение затрат на энергию: благодаря улучшенной энергоэффективности, компании удалось снизить затраты на энергию на 10 – 20 %. Снижение эксплуатационных затрат: внедрение автоматизированных систем привело к снижению эксплуатационных расходов на 5 – 15%.

Движущая сила внедрения

Соблюдение требований экологического законодательства. Экономические соображения ввиду минимизации потребления ресурсов (к примеру, мономеров и/или растворителей), а также сокращения эмиссий.

4.6. Управление водными ресурсами

Описание

Организация системы водопользования является неотъемлемым этапом, необходимым для формирования экологической политики предприятия. Необходимо учитывать имеющиеся на предприятии процессы, качество и доступность исходной потребляемой воды, объемы потребления, климатические условия, доступность и целесообразность применения иных технологий, требования законодательства в области охраны окружающей среды и промышленной безопасности. Снижение потребления воды, забираемой из внешних источников, является основной целью системы водопользования, показателями эффективности являются данные удельного и валового потребления воды на предприятии.

Техническое описание

НДТ для управления водными ресурсами заключается в снижении потребления воды, предотвращении, сборе и разделении типов сточных вод, максимизируя внутреннюю рециркуляцию и используя адекватную очистку для каждого конечного потока. К основным используемым методам относятся:

- отказ или сокращение использования питьевой воды для производственных линий;
- увеличение количества и/или мощности систем оборотного водоснабжения при строительстве новых или модернизации/реконструкции существующих заводов;
- централизованное распределение поступающей пресной воды;
- повторное использование воды до тех пор, пока отдельные параметры не достигнут определенных пределов;
- использование воды в других установках, если затрагиваются только ее отдельные параметры и возможно дальнейшее использование;
- разделение очищенных и неочищенных сточных вод, по возможности использование ливневых сточных вод;

направление ливневых стоков с открытых участков складирования руды, угля и сырья, содержащих взвешенные твердые частицы, для возможности их очистки путем отстаивания или другими методами;

по возможности принятие мер по ведению мониторинга качества воды, сбрасываемой из зон хранения и смешивания, если такие стоки находятся вблизи селитебной территории.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение потребления водных ресурсов, повышение показателей экологической эффективности, интегрированное управление водными ресурсами, защита водных экосистем и биоразнообразия.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Предприятие BASF (комплекс в Людвигсхафене, Германия) применяет систему циркуляционного водоснабжения. Вода, используемая в процессе производства, циркулирует в замкнутом контуре, что позволяет минимизировать потребление свежей воды. Очистные сооружения обеспечивают высокую степень очистки сточных вод, которая позволяет повторно использовать воду в производственном процессе или сбрасывать ее в водоемы с минимальным воздействием на окружающую среду.

BASF использует около 79 % воды повторно, что значительно снижает объем свежей воды, необходимой для производства, что сокращает расходы на добычу и транспортировку воды. Внедрение систем повторного охлаждения позволило сократить использование воды для технологического процесса. Около 88 % общего водопотребления приходится на охлаждение и большая часть используемой воды возвращается обратно в источники после использования без контакта с продуктами.

Завод в Фрипорте Dow Chemical Company (штата Техас, США) использует очищенные сточные воды для технологических нужд, что позволяет сократить потребление пресной воды. Применение мембранных технологий и биологических методов очистки позволяет эффективно удалять загрязнители из сточных вод. Также используется водосберегающее оборудование.

Завод в Бейтауне (штат Техас, США) (производство пропилена, ExxonMobil) применяет замкнутые системы водообеспечения. Вода циркулирует в замкнутых системах, что позволяет сократить ее потребление и минимизировать выбросы сточных вод. Модернизация очистных сооружений позволяет повысить эффективность очистки и использовать воду повторно в производственных процессах.

На заводе BioMCN в Нидерландах эффективное использование воды и снижения объема сточных вод, затраты (включая расходы на энергию и реагенты для очистки на их очистку) также сократились.

Кросс-медиа эффекты

Сокращение потребления первичных водных ресурсов.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

Управление водными ресурсами на интегрированном металлургическом заводе будет в первую очередь ограничиваться наличием и качеством пресной воды и требованиями законодательства. На действующих заводах существующая конфигурация системы водопользования ограничивает применимость.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Компания BASF достигла значительных экономических выгод посредством внедрения систем управления водными ресурсами.

Внедрение систем управления водными ресурсами на заводе ExxonMobil в Бейтауне (США) привело к снижению затрат на водные ресурсы и очистку сточных вод на сумму около 2 – 3 млн./долларов в год. Эта экономия достигается за счет уменьшения объемов потребления воды и улучшения эффективности очистки сточных вод.

Движущая сила внедрения

Снижение потребления водных ресурсов, повышение показателей экологической эффективности.

4.7. Управление отходами (технологическими остатками)

Описание

Оптимальное управление отходами заключается в использовании интегрированных и операционных методов для минимизации отходов за счет внутреннего использования или применения специализированных процессов переработки (внутренних или внешних).

Согласно Экологическому кодексу РК, нормативным правовым актам Республики Казахстан, все отходы производства и потребления должны собираться, храниться, обезвреживаться, транспортироваться и захораниваться с учетом их воздействия на окружающую среду.

Техническое описание

В целях предотвращения загрязнения компонентов природной среды управление отходами производится в соответствии с международными стандартами и действующими экологическими нормативами РК, а также внутренними стандартами.

Система управления отходами заключается в следующем:

- идентификация образующихся отходов;

- раздельный сбор отходов (сегрегация) в местах их образования с учетом целесообразного объединения видов по степени и уровню их опасности с целью оптимизации дальнейших способов удаления, а также вторичного использования определенных видов отходов;

- накопление и временное хранение отходов до вывоза;

хранение в маркированных герметичных контейнерах;
сбор отходов на специально отведенных и обустроенных площадках;
транспортировка под строгим контролем с регистрацией движения всех отходов.

Хранение отходов в контейнерах позволяет предотвратить утечки, уменьшить уровень их воздействия на окружающую среду и воздействие погодных условий на состояние отходов.

Сведение отходов к минимуму посредством оптимизации процесса и насколько возможно большего использования остатков и отходов является существующей практикой на сегодняшний день на многих предприятиях.

Остатки используются в качестве сырья для других процессов либо повторно используются. К примеру, на ПАО "СИБУР" (Российская Федерация), являющемся одним из крупнейших предприятий по производству полимеров в России, активно используются отходы полимерного производства для повторного применения. ПЭТ – один из самых распространенных видов полимерных отходов, используемых для производства новых продуктов из вторичного сырья. Проект по переработке пластиковых бутылок в новые изделия на предприятии, входящем в группу компаний "СИБУР" (Биакспен, Россия). Группа компаний "СИБУР" активно развивает технологии переработки и повторного использования отходов полимеров в своем исследовательском центре "СИБУР ПолиЛаб" в которых разрабатываются инновационные решения для безотходных производственных процессов и повышения доли переработанных материалов в конечной продукции ПАО "СИБУР".

Достигнутые экологические выгоды

Снижение количества отходов, направленных на захоронение, поддержание высокого уровня эффективности экологических показателей. Взаимодействие между газоперерабатывающими и нефтехимическими предприятиями "СИБУР" обеспечивает более низкие затраты на сырье за счет переработки внутренних отходов. Повторное использование полимерных отходов позволяет значительно снизить расходы на закупку первичного сырья.

На Пермском химическом заводе (Российская Федерация) по производству пластмасс и синтетического каучука внедрены мероприятия по переработке отходов и оптимизации использования сырья, что позволило сократить затраты на сырье и улучшить показатели прибыльности предприятия.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

За счет внедрения инновационных технологий и более эффективного управления отходами "СИБУР" (Российская Федерация) уменьшает объем собственных отходов, треть всех отходов компании было переработано повторно, что способствовало повышению общей эффективности производственных процессов.

Кросс-медиа эффекты

Экономия сырья. При применении некоторых методов требуются дополнительные финансовые затраты (к примеру, при организации мест хранения отходов, при производстве продукции из вторичных ресурсов). Сокращение выбросов парниковых газов.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Соблюдение требований экологического законодательства. Улучшение экологических показателей.

4.8. Физические воздействия

Шум появляется во всех производственных процессах, начиная с подготовки сырья до получения конечной продукции. Снизить уровень шума и предотвратить его распространение на ближайшую территорию, могут быть применены различные технические решения по его снижению:

- реализация стратегии снижения шума;

- ограждение шумных операций/агрегатов;

- виброизоляция операций/агрегатов;

- внутренняя и внешняя обшивка из ударопоглощающего материала;

- звукоизоляция зданий для защиты от любых шумных операций, связанных с оборудованием для преобразования материалов;

- строительство стен для защиты от шума, например, строительство зданий или естественных барьеров, таких, как растущие деревья и кустарники между охраняемой территорией и "шумной" деятельностью;

- выпускные глушители на выхлопных трубах;

- обшивка воздуховодов и воздуходувок, расположенных в звуконепроницаемых зданиях;

- закрытие дверей и окон крытых помещений.

Перечисленные меры доступны к применению на действующих, модернизируемых и новых объектах. Если вышеупомянутые технические решения не могут быть применены и, если установки, выделяющие шум, невозможно перевести в отдельные здания, например, из-за размера печей и их средств обслуживания, применяются вторичные технические решения, например, строительство зданий или природных барьеров (растущие деревья и кустарники) между селитебной зоной и источником активного шума. Двери и окна защищаемого пространства в период эксплуатации шумовыделяющих установок должны быть плотно закрыты.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение уровня физических воздействий в соответствии с установленными стандартами.

Крупные предприятия по производству органических веществ активно работают над снижением акустических воздействий, применяя комплексные меры для обеспечения более безопасных и комфортных условий труда. Компания BASF (Германия) использует шумопоглощающие материалы в производственных помещениях, в целях снижения уровня шума от оборудования. Эти материалы включают специальные панели и покрытия, которые снижают отражение звука. Шумные машины и оборудование инкапсулируются в звукоизоляционные оболочки, в целях предотвратить распространение шума по заводу.

Dow Chemical Company (США) проводит регулярное техническое обслуживание и модернизацию оборудования, что снижает уровень шума и вибрации.

INEOS (Великобритания) с целью снижения распространения шума использует акустические камеры вокруг шумных процессов, таких, как экструзия полимеров, применяет "тихие" компрессоры и насосы (замена старого оборудования на новые, более "тихие" модели, такие, как "тихие" компрессоры и насосы, позволяет значительно снизить уровень шума на производственных площадках).

Экологические показатели и эксплуатационные данные

В соответствии действующими нормативно-правовыми актами по утверждению гигиенических нормативов к физическим факторам, оказывающим воздействие на человека, максимально допустимый уровень звука на территории, непосредственно прилегающей к селитебной зоне, составляет 60 – 70 дБА.

Кросс-медиа эффекты

Дополнительные финансовые затраты для действующих установок.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

Применимость на действующих установках может быть ограничена конструктивными особенностями оборудования (недостаточностью дополнительных площадей).

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна. Внедрение современных технологий шумоизоляции и контроля акустического воздействия требует первоначальных инвестиций, которые окупаются за счет долгосрочной экономии и улучшения операционной эффективности.

Движущая сила внедрения

Соблюдение требований экологического законодательства.

5. Техники, которые рассматриваются при выборе наилучших доступных техник

5.1. Техники при производстве МТБЭ

5.1.1. Техники по энергоэффективности и ресурсосбережению

Дополнительные методы по энергоэффективности, по снижению потребления электроэнергии, представлены в межотраслевом справочнике по наилучшим доступным техникам "Энергетическая эффективность при осуществлении хозяйственной и (или) иной деятельности".

5.1.1.1. Применение катализаторов с высокой активностью и селективностью

Описание

Катализаторы в химических реакциях, обеспечивают облегчение и ускорение реакций их протекания. Они не участвуют непосредственно в реакции, но влияют на скорость и эффективность процесса.

Основная роль катализаторов заключается в снижении энергии активации реакции. Энергия активации – это минимальная энергия, которую реагенты должны иметь для того, чтобы преодолеть барьеры и начать реакцию. Катализаторы позволяют снизить эту энергию, делая реакцию более доступной.

Катализаторы в химической промышленности являются важными веществами, которые ускоряют химические реакции. Катализаторы имеют ключевую роль в обеспечении эффективности процессов, улучшении селективности реакций. Использование высокоэффективных катализаторов позволяет уменьшить температурные требования реакции, что в итоге снижает энергозатраты.

Техническое описание

Важное свойство катализаторов заключается в способности повышать избирательность протекания реакций (селективность). Преимущества катализаторов заключаются в повышении скорости и селективности химических реакций.

Особенностью катализа является специфичность действия (каталитическая активность). Многие катализаторы проявляют каталитическую активность в отношении одной или узкой группы реакций. Для каждой реакции целесообразно использовать свой наиболее активный и селективный катализатор. Общее техническое описание процесса применения катализаторов с высокой активностью и селективностью.

1. Выбор катализатора:

определение химической реакции, которую необходимо каталитически активировать;

подбор катализатора с высокой активностью и селективностью для данной реакции.

2. Синтез катализатора:

использование современных методов синтеза для создания катализатора с контролируемой структурой и активными центрами;

модификация поверхности катализатора для улучшения его характеристик.

3. Характеристика катализатора:

проведение различных анализов (например, рентгеноструктурный анализ, спектроскопия, микроскопия) для оценки структуры и свойств катализатора;
определение активных центров и их концентрации.

4. Оптимизация условий реакции:

определение оптимальных условий (температуры, давления, скорости потока) для максимальной активности и селективности катализатора;

использование средств автоматизации и контроля для поддержания стабильных условий процесса.

5. Масштабирование процесса:

адаптация разработанной технологии для промышленного масштаба с учетом экономической эффективности;

учет особенностей технического оборудования и инфраструктуры.

6. Мониторинг и контроль:

регулярный мониторинг активности и селективности катализатора в процессе эксплуатации;

разработка систем контроля за параметрами процесса для предотвращения отклонений.

Технология применения катализаторов с высокой активностью и селективностью в химическом производстве включает несколько этапов и методов как описано выше. Этапы и методы могут изменяться в зависимости от конкретной реакции и используемого катализатора. Важно также учитывать особенности производства и потребности предприятия.

При внедрении данной техники представляется возможность оптимизации процесса зачистки в суспензионных процессах. Оптимизация процесса зачистки включает в себя выбор наиболее подходящего типа катализатора, оптимальные условия реакции (температура, давление, соотношение реагентов и т.д.) и разработку эффективной системы рециклинга или регенерации катализатора для увеличения его срока службы и снижения затрат на его замену.

Для достижения высоких показателей энергоэффективности при использовании данной техники рекомендуется предусмотреть увеличение времени работы катализаторов с применением одного из или комбинации следующих методов:

обоснование выбора оптимального катализатора;

предотвращение дезактивации катализатора;

контроль показателей работы катализатора.

Достигнутые экологические выгоды

Использование высокоэффективных катализаторов позволяет уменьшить температурные требования реакции, что в конечном итоге снизит энергозатраты, потребление энергии и ресурсов, улучшит экологические показатели и поддержание высокого уровня энергоэффективности.

Согласно проведенным на Оренбургском гелиевом заводе (Российская Федерация) экспериментам при осуществлении подбора катализатора, обеспечивающего высокую скорость окисления и стабильность работы в реакторах, выявлена эффективность и экономичность применения катализаторов с высокой активностью производства ООО "НИАП Катализатор" (Российская Федерация) [36]. Расчет экономической эффективности подтвердил целесообразность замены катализаторов.

Оптимизация процесса зачистки в суспензионных процессах при производстве полимеров может привести к экономии благодаря уменьшению времени простоя, снижению затрат на материалы и энергию и улучшению общей производственной эффективности.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Оценка опыта внедрения высокоэффективных катализаторов показывает, что данная техника позволяет снизить потребление энергии и ресурсов.

Конкретные показатели энергоэффективности после применения катализаторов с высокой активностью могут различаться в зависимости от типа процесса, отрасли и конкретных условий. Общие тенденции и ожидания:

1) уменьшение температуры процесса: катализаторы с высокой активностью часто позволяют проводить химические реакции при более низких температурах, что может снизить энергозатраты;

2) повышение выборочности реакции: эффективные катализаторы могут улучшить выборочность химических процессов, сокращая образование побочных продуктов. Это может снизить потребность в последующих этапах обработки и очистки, что в свою очередь сэкономит энергию;

3) увеличение продуктивности: применение активных катализаторов может повысить производительность процесса, что позволяет получать больше продукции при тех же или даже более низких энергозатратах;

4) снижение использования ресурсов: энергоэффективные катализаторы могут способствовать уменьшению расхода сырья, повышая выход продукции на каждую единицу использованного сырья;

5) сокращение потерь энергии: эффективные катализаторы могут уменьшить образование нежелательных побочных продуктов, которые могли бы потребовать дополнительных этапов обработки и, следовательно, дополнительных энергозатрат.

Ученые Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева (Российская Федерация) разработали и синтезировали эффективные возобновляемые катализаторы на основе силикагеля, позволяющие удешевить ряд технологических процессов на нефтехимических и нефтеперерабатывающих предприятиях.

Наиболее эффективным из разработанных оказался катализатор на основе мезопористого силикагеля, допированного диспрозием и модифицированного никелем

(Dy-Ni/MC). Рабочая температура составляет 150 °С, давление – 3 атмосферы, время гидрирования – 20 минут. Для сравнения: у применяемого на предприятиях типового никелевого катализатора на высокодисперсном носителе рабочая температура – 250 °С, давление – 20 атмосфер, время гидрирования – 30 минут [12].

Высокоэффективные катализаторы могут привести реакции к образованию конкретных продуктов, минимизируя образование побочных продуктов и снижая потребность в дополнительных этапах очистки и уменьшению времени реакции, увеличению выхода продукта и снижению энергозатрат.

Данная техника способствует уменьшению образования побочных эффектов, катализаторы в том числе используются для конверсии вредных веществ в менее опасные в отработанных газах, такой, как очистка от NO_x, SO_x. Катализаторы широко применяются для уменьшения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, таких, как NO_x, углеводороды и другие. Примером служит применение высокоэффективных катализаторов на ТОО "Kazakhstan Petrochemical Industries Inc.". Тепло, выделяемое при регенерации катализатора, используется для предварительного нагрева катализатора перед очередным циклом процесса.

Оптимизация процесса зачистки уменьшает потери сырья и материалов, используемых в процессе. На одном из заводов BASF внедрение усовершенствованных методов зачистки позволило сократить потери сырья на 15 %.

Эффективное управление процессом зачистки может уменьшить потребление энергии, необходимой для выполнения операции. На предприятии Dow Chemical (США) оптимизация процесса зачистки снизила энергозатраты на 10 %.

На одном из предприятий Borealis (Австрия) оптимизация процесса зачистки путем внедрения автоматизированных систем позволила сократить время на зачистку на 30 %.

На предприятии "СИБУР" в Тобольске (Российская Федерация) в целях снижения выбросов углеводородов были внедрены катализаторы нового поколения.

На предприятиях TotalEnergies в Европе, особенно на крупнейшей интегрированной нефтехимической платформе в Антверпене (Бельгия), применяются высокоэффективные катализаторы для производства пропилена. В рамках модернизации комплекса, были введены новые технологические единицы, в том числе установки по паровой конверсии и переработке богатых газов в сырье для крекинга. Высокоэффективные катализаторы значительно повысили эффективность и снизили затраты на производство пропилена. На объектах TotalEnergies используются катализаторы компании Evonik (Германия), разработанные для селективного гидрирования. Катализаторы селективного гидрирования позволяют проводить высокоэффективные процессы гидрирования при низких температурах и высоких скоростях, что улучшает качество конечного продукта и снижает потребление энергии.

Касательно уровня селективности: применяемые в процессе Catofin на INEOS катализаторы достигают 87 % селективности к пропилену, и преимуществами данных катализаторов являются длительный срок службы и высокие показатели энергоэффективности.

Кросс-медиа эффекты

Использование катализаторов в химической промышленности способствует более чистым, эффективным и экологически устойчивым производственным процессам. Данная технология продолжает развиваться, минимизируя отрицательное воздействие промышленных процессов на окружающую среду.

Использование автоматизированных и роботизированных систем зачистки позволяет уменьшить участие человеческого фактора, улучшить точность процесса и сократить время, затрачиваемое на зачистку. На заводе SABIC (Саудовская Аравия) внедрение роботизированной системы зачистки сократило время на зачистку на 50 %.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

Использование высокоэффективных катализаторов с высокой активностью и селективностью широко применяется на химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих предприятиях для улучшения эффективности процессов получения желаемой продукции.

Катализаторы с высокой активностью и селективностью при производстве метил-трет-бутилового эфира (МТБЭ) применяются на различных предприятиях химической и нефтехимической промышленности.

Применение специализированных химических реагентов, которые ускоряют процесс зачистки и уменьшают потребность в повторных циклах обработки.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Оценить стоимость использования высокоэффективных катализаторов в химической отрасли сложно и существенно варьируются в зависимости от нескольких факторов, таких, как технологические условия, типы катализаторов, количественные требования, локальные рыночные условия и другие факторы.

SABIC (Saudi Basic Industries Corporation, Саудовская Аравия) – одна из крупнейших нефтехимических компаний в мире, производит МТБЭ на своих заводах с использованием передовых катализаторов. Высокая селективность катализаторов уменьшает количество побочных продуктов, что снижает потери сырья и уменьшает затраты на его приобретение. Высокая селективность катализаторов приводит к экономии 5 – 10 % на сырье. Катализаторы обеспечивают получение МТБЭ высокой чистоты, что позволяет продавать продукт по более высокой цене.

Суммарная экономия от применения высокоэффективных катализаторов на предприятиях Reliance Industries Limited (Индия) составляет значительную долю общих производственных затрат. В зависимости от конкретных условий и масштабов производства общая экономия достигает 20 – 30 % и более. Экономия складывается из снижения затрат на энергию, сырье, утилизацию отходов, техническое обслуживание и экологические платежи, а также увеличения доходов от повышения качества продукции.

Движущая сила внедрения

Применение катализаторов с высокой активностью и селективностью позволяет не только повысить энергоэффективность и экономичность, но также снизить воздействие на окружающую среду, улучшить экологические показатели и обеспечить устойчивость производственных процессов.

5.1.1.2. Рекуперация отходящих газов

Описание

Использование тепла отходящих, реакционных и контактных газов в химической промышленности относится к технологии рециркуляции тепла. Эта методика позволяет эффективно использовать высокотемпературные газы, которые возникают в результате различных процессов (сжигание, реакции или контакт с катализаторами).

Применение тепла отходящих газов включает в себя использование специализированных технологий, теплообменники и системы рекуперации тепла, которые позволяют отводить тепло от газов и перенаправлять для обогрева или использования в других процессах производства. Это позволяет повысить энергоэффективность производства, снизить затраты на энергию и сократить выбросы парниковых газов в окружающую среду.

Техническое описание

Технология использования тепла отходящих, реакционных и контактных газов в химической промышленности представляет собой комплексный подход к энергосбережению и оптимизации производственных процессов. Ниже представлено технологическое описание методов:

1) сбор тепла отходящих газов:

выпускаемые в атмосферу отходящие газы часто содержат значительное количество тепла, которое можно использовать для других целей;

специализированные системы отвода и сбора газов разрабатываются для эффективного сбора тепла из производственных процессов;

2) теплообмен через теплообменники:

теплообменники представляют собой ключевой элемент технологии. Они обеспечивают передачу тепла от горячих газов к холодным средам;

теплообмен происходит в различных конфигурациях, включая пластинчатые, трубчатые или печные теплообменники;

3) рекуперация тепла:

тепло, выделяемое в результате химических реакций, может быть рекуперировано и использовано для подогрева входящих потоков сырья или других процессов;

эффективные системы рекуперации требуют точного контроля температуры и давления;

4) интеграция процессов:

системы интеграции процессов разрабатываются для согласования различных стадий производства, чтобы оптимизировать использование тепла;

тщательное проектирование и инженерная оптимизация необходимы для обеспечения совместимости различных производственных блоков

5) мониторинг и управление:

внедрение систем мониторинга и управления позволяет эффективно контролировать процессы, поддерживать стабильность и обеспечивать безопасность эксплуатации;

автоматизация процессов помогает адаптироваться к изменениям в условиях производства.

Применение катализаторов с высокой активностью и селективностью является ключевым элементом устойчивого развития и содействует снижению затрат на энергию, сокращению выбросов и повышению конкурентоспособности химических производств.

Достигнутые экологические выгоды

Использование тепла отходящих, реакционных и контактных газов в химической промышленности приводит к различным экологическим выгодам, включая снижение выбросов парниковых газов, уменьшение энергетического потребления и сокращение негативного воздействия на окружающую среду.

Ниже представлены основные экологические выгоды:

1) перехват тепла от отходящих газов сокращает количество тепла, выбрасываемого в атмосферу, что уменьшает общий объем выбросов парниковых газов;

2) использование тепла отходящих газов для подогрева других потоков позволяет сократить энергетические затраты в производственных процессах;

3) эффективное использование тепла отходящих газов снижает количество тепловых отходов. Меньшее количество отходов в виде тепла также означает меньшее количество требуемых энергоресурсов для обеспечения необходимых процессов по их ликвидации.

Общие эффекты этих экологических выгод зависят от конкретных характеристик и реализации конкретной технологии в каждом производственном случае.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Использование тепла отходящих и/или реакционных контактных газов в химической промышленности способствует сокращению потребления энергии,

повышению экологической устойчивости и улучшению общей производительности предприятий.

Заводы "Нижекамскнефтехим" и "Казаньоргсинтез" (Российская Федерация) внедрили системы рекуперации тепла, что позволило использовать вторичное тепло для обогрева производственных помещений и технологических процессов со снижением энергопотребления на 20 %.

Кросс-медиа эффекты

Использование тепла отходящих и/или реакционных контактных газов в химической промышленности является важной составляющей стратегии устойчивого развития производства и позволяет добиться существенных экономических и экологических выгод.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

Технология использования тепла отходящих, реакционных и контактных газов распространена в различных секторах экономики.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Стоимость внедрения технологии использования тепла отходящих, реакционных и контактных газов в химической промышленности может существенно варьировать в зависимости от многих факторов, включая конкретный тип производства, масштаб операций, наличие подходящей инфраструктуры, а также местоположение предприятия

Рекуперация отходящих газов успешно применяется на ТОО "Атырауский нефтеперерабатывающий завод", сумма фактических затрат составила порядка 252 млн . тенге с ежегодной экономией 19149 Гкал или 74,9 млн. тенге. Окупаемость данной технологии составила 3,4 года.

Движущая сила внедрения

Применение данной технологии позволяет повысить энергоэффективность и экономичность, снизить воздействие на окружающую среду, улучшить экологические показатели и обеспечить устойчивость производственных процессов.

5.1.2. Техники по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух

5.1.2.1. Методы предотвращения и минимизации неорганизованных выбросов в атмосферный воздух

Описание

Описаны техники (комбинации техник), направленные на предотвращение, выявление и минимизацию неорганизованных выбросов загрязняющих веществ,

включая, но не ограничиваясь: сбор отходящих газов в общую систему воздухопроводов, специальные системы сбора отходящих газов, конденсация, адсорбция.

Неорганизованные выбросы при производстве органических соединений чаще всего связаны с ЛОС возникают от локальных/зональных источников, таких, как зоны наполнения контейнеров или сооружений для очистки сточных вод или точечных источников, таких, как фланцы труб, клапаны, насосы и другие компоненты, находящиеся под давлением.

Техническое описание

1. При отводе потоков отходящих газов выбросы из различных технологических точек собираются в общую систему воздухопроводов. После сбора выбросы могут быть обработаны с использованием методов рекуперации или очистки от загрязняющих веществ. Система сбора отходящих газов может быть системой, охватывающей весь объект, или ограничиваться точками выбросов в результате определенного технологического процесса, или их комбинацией.

2. Специальная система сбора неорганизованных выбросов направлена на снижение выбросов за счет их улавливания и направления на очистку вблизи их источника, (за счет проектирования и эксплуатации систем сбора выбросов отработанных газов, образующихся при определенных технологических операциях, в систему замкнутого цикла или в отдельный коллектор). Этот метод может использоваться в сочетании с отводом потоков отходящих газов.

3. Неорганизованные выбросы ЛОС снижаются за счет обнаружения и последующего ремонта или замены утечек компонентов сырья или промежуточных продуктов. Программа обнаружения и устранения утечек (LDAR) обеспечивает обнаружение неорганизованных выбросов ЛОС.

К методам предотвращения и/или сокращения неорганизованных выбросов ЛОС относятся методы, связанные с технологическим процессом и проектированием установки: монтаж и ввод в эксплуатацию; эксплуатация установки, в частности, внедрение программы LDAR (обнаружение и ремонт утечек); оценка эффективности профилактических и восстановительных мер; не прямое охлаждение.

Для выявления утечек используются два метода мониторинга: анализ с помощью ручных анализаторов или оптическая визуализация газов с помощью ручного инфракрасного детектора.

Для оценки общей эффективности методов, применяемых для предотвращения и сокращения неорганизованных выбросов ЛОС, доступны еще два метода мониторинга: лидарный метод дифференциального поглощения (DIAL); метод потока солнечного затмения (SOF).

4. Конденсация – это метод, который удаляет органические пары из потока отходящих газов посредством прямого охлаждения (т.е. контакта газа и охлаждающей

жидкости) или косвенного охлаждения (т.е. охлаждения через теплообменник). Выбор охлаждающей жидкости зависит от температуры.

5. Адсорбция – это универсальный метод борьбы с низкими концентрациями и большим количеством ЛОС, запахов или других потенциально вредных выбросов. Метод адсорбция используется для предварительной обработки технологического воздуха (например, для сушки) или обработки промежуточных технологических потоков с целью удаления незначительного количества нежелательных загрязнений. Адсорбция также используется в качестве предварительной обработки для извлечения органического материала и снижения нагрузки на конечную систему очистки отходящих газов.

Адсорбция – это метод разделения, при котором молекулы соединения, содержащегося в жидкости, удерживаются на твердой поверхности, которая предпочитает определенные соединения другим и таким образом удаляет эти соединения из жидкости. Преимущественно этот метод используется для удаления газообразных соединений, таких, как ЛОС, из потока отходящих газов путем адсорбции на активированном угле.

При адсорбции без регенерации использованный адсорбент утилизируется.

Конструкция. Отходящие технологические газы преимущественно проходят через конденсаторы, где часть загрязняющих веществ конденсируется и повторно используются в технологическом процессе перед использованием адсорберов. Критерии проектирования адсорберов включают конечную желаемую концентрацию выбросов, а также требуемый размер и количество слоев.

Жидкость для регенерации выбирается в зависимости от конструкции: преимущественно это пар низкого или среднего давления, допускается использовать вакуумную регенерацию или регенерацию инертным газом.

Материал адсорбента. Активированный уголь (например, из древесного угля) является наиболее распространенным адсорбентом.

Другие материалы: цеолиты и полимеры, эффективны к определенным органическим частицам. Адсорбирующий материал периодически регенерируется с помощью пара, для удаления загрязняющих веществ. В результате конденсации пара образуется водный сток (после отделения нерастворимых соединений).

Управление адсорбцией. Функция включает в себя все действия, предпринимаемые оператором для оптимизации производительности адсорбции (мониторинг динамики производительности адсорбции для оптимизации времени работы и регенерации; процедуры, включающие меры на случай превышения порогового уровня выбросов (такие, как переналадка или остановка установки)).

Значение подбирается в целях предотвращения проникновения загрязняющих веществ; необходимо обеспечить наличие достаточного количества свежего адсорбента

(на месте) для предотвращения незапланированного преждевременного истощения адсорбционной способности.

Охлаждение адсорбера после регенерации. По окончании регенерации пара слой адсорбера остается одновременно горячим и влажным. В целях снижения пиковых выбросов в начале процесса адсорбции, слой адсорбера можно охлаждать с помощью воздуха, рециркулируемого из выпускного отверстия, но для этого требуется дополнительная электроэнергия (этот способ указан выше).

Достигнутые экологические выгоды

Система сбора отходящих газов позволяет устранить незначительные источники выбросов отходящих газов, а также предоставляет возможность применения эффективных методов рекуперации или сокращения выбросов, которые были бы недоступны, если бы применялись к каждому отдельному потоку.

Конденсация позволяет извлекать сырье и продукты. Это, в свою очередь, уменьшит требуемые размеры и производительность оборудования для последующей очистки отходящих газов.

Один из примеров применения метода конденсации на химическом предприятии – компания BASF (Германия). С 1990 года удалось снизить общие выбросы парниковых газов от деятельности BASF на 57,8 % и сократить удельные выбросы (на тонну реализуемой продукции) на 74,5 %.

Конкретные технологии и методы очистки зависят от характеристик производства, состава отходящих газов и от требований к экологической безопасности и соблюдению нормативов.

Преимущество использования метода адсорбции заключается в снижении содержания органических веществ при окончательной очистке отходящих газов, выбросов в атмосферу, потребления сырья (при повторном использовании).

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Эффективность системы сбора отходящих газов зависит от конкретных факторов, расположение установки или пространственное расположение источников выбросов.

Специальная система сбора неорганизованных выбросов обеспечивает утилизацию сырья (или энергии) вблизи источника.

Кросс-медиа эффекты

Сокращение неорганизованных выбросов также может привести к повышению безопасности процесса.

При конденсации косвенное охлаждение предпочтительнее, поскольку прямое охлаждение приводит к дополнительной стадии сепарации и сбросу сточных вод. Холодильные установки потребляют большое количество материалов и энергии. Существует вероятность неорганизованного выделения газообразного хладагента.

При использовании метода адсорбции адсорбент не регенерируется, подлежит утилизации в виде отходов. Для регенерации адсорбента требуется энергия, преимущественно в виде пара.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

Система сбора отходящих газов. Для этого метода требуется инфраструктура на объекте (системы трубопроводов, вентиляторы). Применимость может быть ограничена соображениями, касающимися работоспособности (доступа к оборудованию) или по соображениям безопасности или накопление выбросов из разных источников приводит к концентрации выше нижнего предела взрывоопасности в помещении.

Специальная система сбора неорганизованных выбросов общеприменима. Особенно в тех случаях, когда в составе выбросов присутствуют опасные, токсичные соединения либо когда системы с замкнутым контуром проще и дешевле, чем конечная очистка выбросов.

Конденсация – это компактная и надежная технология с высокой эффективностью удаления и возможностью рекуперации ЛОС для повторного использования. Простые системы водяного охлаждения легко модернизируются. Более сложные системы на основе хладагента могут быть установлены на ползьях для модернизации или на новой установке. Криогенная конденсация не подходит для потоков влажного газа по причине образования льда. Применимость ограничивается наличием охлаждающей жидкости. Применимость также зависит от уровня интеграции и оптимизации системы охлаждения на объекте (например, с использованием анализа сжатий).

Адсорбция широко используется в секторе утилизации отходов с низким содержанием загрязняющих веществ. Метод применим к потокам отходов с низкой концентрацией загрязняющих веществ. Более высокие концентрации приведут к более частой регенерации адсорбента, и, вероятно, будут применяться другие подходящие методы. Часто его можно устанавливать локально для отдельных источников выбросов. Гранулированный активированный уголь не приспособлен для работы с потоками влажных газов и не подходит для некоторых соединений, например, кетонов и метана.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Стоимость системы сбора отходящих газов будет зависеть от конкретной площадки

Адсорбция является относительно недорогостоящей по сравнению с некоторыми другими методами, например, термическим окислением. Существует также потенциальная выгода от утилизации продукта.

Движущая сила внедрения

Соблюдение требований экологического законодательства, экономия сырья, сокращение выбросов ЛОС.

5.1.3. Техники, направленные на предотвращение, сокращение образования и очистку сточных вод

5.1.3.1. Соблюдение требований, установленных для сброса сточных вод в централизованные системы водоотведения (для организаций, передающих сточные воды на очистку с использованием централизованных систем водоотведения)

Описание

Соблюдение требований по качественным и количественным характеристикам передаваемых сточных вод.

Техническое описание

Требования к качественным и количественным характеристикам передаваемых сточных вод определяются национальным законодательством. Определенные условия включены в рамках возникновения гражданско-правовых взаимоотношений между собственниками систем водоснабжения и водоотведения.

В системы водоотведения приему не подлежат сточные воды, содержащие вещества (материалы), которые приводят к следующим негативным последствиям, угрожающим работоспособности систем водоотведения:

1) повреждение объектов систем водоотведения и нарушение режима их работы в силу следующих причин:

разрушающее коррозионное, абразивное или механическое воздействие на канализационные сети, иные сооружения и оборудование;

образование в канализационных сетях и на очистных сооружениях пожароопасных, взрывоопасных и токсичных газопаровоздушных смесей;

нарушение процессов биологической очистки сточных вод на очистных сооружениях системы водоотведения, в том числе по причине содержания в сточных водах стойких, токсичных, биоаккумулирующих веществ, не поддающихся очистке;

2) нарушение надежности и бесперебойности работы системы водоотведения, в том числе по причине уменьшения рабочего сечения сетей и возникновения препятствий для тока воды;

3) создание условий для причинения вреда здоровью персонала, обслуживающего системы водоотведения;

4) невозможность утилизации осадков сточных вод с применением методов, безопасных для окружающей среды.

Возможность совместного отведения и очистки хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод определяется составом последних, с учетом существующей технологии очистных сооружений.

Производственные сточные воды потребителя (субпотребителя), не удовлетворяющие определенным требованиям, подлежат предварительной очистке на локальных очистных сооружениях до достижения допустимых концентраций вредных веществ.

Достигнутые экологические выгоды

Достижение необходимых показателей в передаваемых сточных водах. Предоставляется возможность применения методов извлечения сырья и продуктов из сточных вод.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Эффективность организационных методов предупреждения зависит от конкретных факторов. При наличии факта превышения концентраций загрязняющих веществ, либо выявления загрязняющих веществ, не допустимых к наличию в составе сточных вод, потребитель прекращает сброс производственных сточных вод в систему водоотведения до устранения соответствующих случаев.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

Методы своевременного мониторинга и контроля, внедрение локальных очистных сооружений общеприменимы.

Реализация установленных для сброса сточных вод в централизованные системы водоотведения (для организаций, передающих сточные воды на очистку с использованием централизованных систем водоотведения) осуществлена на предприятиях Российской Федерации по производству пропилена "Нижекамскнефтехим", "СИБУР Холдинг", "Казаньоргсинтез", "Салаватнефтеоргсинтез".

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Стоимость внедрения локальных очистных сооружений зависит от многих факторов, включая конкретный тип производства, масштаб операций, наличие подходящей инфраструктуры.

Движущая сила внедрения

Требования национального законодательства.

5.1.3.2. Обеспечение надлежащей очистки сточных вод на собственных очистных сооружениях

Описание

При необходимости доведения качества сточных вод до необходимых параметров могут использоваться локальные очистные сооружения.

Техническое описание

В целом, установки для очистки сточных вод наиболее эффективно работают при постоянных условиях определенных параметров, особенно рН, гидравлической нагрузки (или расхода) и нагрузки/концентрации загрязняющих веществ.

С целью защитить производство от краткосрочных (например, ежедневных) и долгосрочных (например, еженедельных) колебаний, устанавливаются средства выравнивания (децентрализованные на различных производственных площадках либо централизованные на конечной станции очистки сточных вод или вблизи нее).

Объемы буферизации и удержания позволяют операторам проверять совместимость поступающих сточных вод с последующей очисткой. Балансировка расхода и нагрузки/концентрации и относится к выравниванию, буферизации или гомогенизации.

Выравнивание может быть (частично) достигнуто с помощью других техник управления (например, планирования производственной деятельности).

Используются и иные методы для очистки сточных вод от метанола рассматривается метод дистилляции/ректификации (отделение сточных вод от загрязняющих веществ путем перевода их в паровую фазу. Затем обогащенная паровая фаза конденсируется.).

Дистилляция и ректификация осуществляются в колоннах, оснащенных пластинами или упаковочным материалом и расположенных ниже по потоку конденсаторных устройств. Нагрев часто осуществляется путем прямого впрыска пара, чтобы избежать локального перегрева.

Для хранения дистиллята и остатков должны быть предусмотрены складские помещения, оснащенные необходимыми средствами безопасности.

Достигнутые экологические выгоды

Техника позволяет обеспечить необходимое (требуемое) качество воды при дальнейшей передаче на очистные сооружения.

Результат буферизации и выравнивания включает выравнивание нагрузок (органическая нагрузка, концентрация соли, особенно если концентрация соли составляет около 10 г/л или более, азотная нагрузка, для оптимальной денитрификации), выравнивание расхода сточных вод и др.

Вентиляционные отверстия для дистилляции приводят к выбросам ЛОС.

Достигнутые экологические преимущества, связанные с дистилляцией/ректификацией, приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1. Эффективность борьбы с загрязнением и уровни выбросов, связанные с дистилляцией/ректификацией

--	--	--	--	--

№ п/п	Параметр	Эффективность борьбы с выбросами (%)	Уровень выбросов (мг/л)	Комментарии
1	Фенолы	96	2 000	Сырье 50 г/л
2	Метанол	97,5	2 000	Сырье 80 г/л
3	Эпихлоргидрин	90	700	Сырье 7 г/л
4	Анилин	97,5	100 %	Сырье 4 г/л
5	Хлорбензол	90	10	Сырье 100 мг/л

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Балансировка расхода и нагрузки используется в качестве меры контроля при необычных случаях поступления воды в систему водоотведения и емкость уравнительного бака определяется не только колебаниями, как упоминалось выше, но и степенью потенциальной опасности.

Расход, нагрузка/концентрация загрязняющих веществ могут заметно колебаться по влиянию факторов: условия технологического процесса, сбои в работе, время технического обслуживания, осадки.

Уравнительный бак может быть установлен либо в линию, или в качестве бокового потока, в который поток может быть перенаправлен в периоды пиковых нагрузок или при сбоях в производстве и может стекать с контролируемой скоростью, когда он замедлится. Для технологических вод, которые могут попадать в окружающую среду, преимущественно используются резервуары.

Буферные мощности широко используются на предприятиях Германии.

При использовании метода дистилляции/ректификации необходимо регулярное техническое обслуживание для предотвращения потерь растворителя в окружающую среду.

Кросс-медиа эффекты

Дистилляция подразумевает потребление энергии. Буферные мощности предполагают наличие свободного пространства.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

В основном это применимо в тех случаях, когда объем производства нерегулярен, когда отрасли регулируются конкретными производствами (например, определенной химической продукции).

Дистилляция или ректификация сточных вод имеют ограниченное применение, в качестве комплексной технологической меры для извлечения исходного материала и/или продукта из маточных растворов. В качестве операции по очистке сточных вод применяются для предварительной обработки по удалению основного содержания загрязняющих веществ из потока сточных вод с целью их рекуперации и последующего сброса сточных вод для дальнейшей очистки.

Преимуществами дистилляции или ректификации относится предполагаемое восстановление материала, которое позволяет удалять токсичные органические соединения. К недостаткам относится образование остатков, которые подлежат утилизации, дополнительное энергопотребление.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Стоимость буферизации определяется размером резервуара, размещением и используемыми материалами. Следует учитывать стоимость бетонного резервуара в размере 100 евро/м³, без учета аксессуаров и размещения. Буферные емкости, изготовленные из других материалов, преимущественно стоят дороже, например, закрытый буферный резервуар из полиэстера объемом 100 м³ с мешалкой составляет около 25,2 млн. тенге (≈50 000 евро).

Движущая сила внедрения

Соблюдение законодательных требований по ограничению загрязнения принимающих вод, извлечение материалов (например, растворителей) из потоков сточных вод.

5.1.3.3 Применение механических, обратноосмотических методов, озонаторов, адсорбционных фильтров при очистке сточных вод

Описание

Техники разделения в основном используются в сочетании с другими операциями, в качестве первого или в качестве заключительного этапа осветления.

Сточные воды, не содержащие твердых частиц, разделяются на биоразлагаемую и небiorазлагаемую части, или загрязняющие вещества, ответственные за небiorазлагаемость, или могут быть отделены перед дальнейшей обработкой. Биоразлагаемые соединения – это соединения, которые подвержены разложению посредством биологической активности. Примерами соединений, не поддающихся биологическому разложению, являются тяжелые металлы.

Техники очистки части сточных вод, не поддающихся биологическому разложению, основаны на физических и/или химических операциях (осаждение/седиментация/фильтрация, кристаллизация, химические реакции, мембранная фильтрация (нанофильтрация и обратный осмос), адсорбция, ионный обмен и некоторые другие).

После надлежащей очистки поток сточных вод может быть отведен в принимающую систему водоотведения.

Техническое описание

Следующие вещества/группы веществ актуальны на практике в качестве примеров недостаточного удаления на химических объектах:

хелатирующие агенты;

циклические эфиры, в частности, диоксаны;

олигомеры в потоках сточных вод при производстве полиакрилонитрила;

олигомеры в потоках сточных вод при производстве метилцеллюлозы;

диглайм;

промежуточные продукты при производстве оптических отбеливателей, например, динитросалициловая кислота;

побочные продукты и продукты производства оптических отбеливателей (например, производные триазины);

йодсодержащие рентгеноконтрастные вещества, такие, как диатризоевая кислота, иопамидол;

некоторые органические красители;

перфторированные соединения;

МТБЭ.

Фильтрация описывает отделение твердых частиц от сточных вод, проходящих через пористую среду. Применение механических, обратноосмотических методов, озонаторов, адсорбционных фильтров при очистке сточных вод редко используется в качестве самостоятельной обработки и преимущественно сочетается с осаждением твердых частиц или флотацией. Фильтры преимущественно требуют операции очистки, т.е. обратной промывки, с обратным потоком пресной воды и возвратом накопленного материала.

Преимущественно используемые типы фильтрующих систем включают:

фильтр с гранулированной средой или песчаный фильтр, который широко используется в качестве устройства для очистки сточных вод (среда песчаных фильтров необязательно должна быть буквально песком), в основном используется с низким содержанием твердых частиц;

гравитационный барабанный фильтр, используемый для очистки канализации и удаления флокул активного ила, его эффективность зависит от материала сита;

роторный вакуумный фильтр, хорошо подходящий для предварительной фильтрации, который используется для обезвоживания маслянистого осадка и деэмульгирования отстойников;

мембранный фильтр;

ленточный фильтр-пресс, который в основном используется для обезвоживания осадка, а также для операций разделения жидкости и твердого вещества;

фильтр-пресс, который преимущественно используется для обезвоживания осадка, а также для операций с жидкостью/твердым веществом, подходит для работы с высоким содержанием твердых веществ.

Микрофильтрация (МФ) и ультрафильтрация (УФ) – это мембранные процессы, которые удерживают определенные вещества, содержащиеся в сточных водах, на

одной стороне мембраны. Жидкость, которая проникает через мембрану, называется пермеатом. Жидкость, которая остается, называется концентратом.

Достигнутые экологические выгоды

Адсорбционные фильтры улавливают и удаляют органические соединения, тяжелые металлы и ЛОС, снижая их концентрацию в выбросах в атмосферу и сточных водах.

Использование регенерируемых адсорбентов снижает потребление сырья и уменьшает объем отходов, что способствует более рациональному использованию ресурсов.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Техники очистки сточных вод используют вспомогательные средства для очистки, которые в большинстве случаев являются химическими веществами, или средства для очистки/оборудование, которые нуждаются в регенерации, что приводит к выделению химических веществ. Вспомогательные средства или технологические этапы могут привести, как правило, в зависимости от местных условий, к загрязнению окружающей среды, что необходимо учитывать при рассмотрении вопроса об использовании техники обработки.

Техники очистки сточных вод имеют одну общую черту: образование твердых частиц в процессе, что позволяет отделять загрязняющие вещества от водной среды, как избыток активного ила или отфильтрованный, или отстоявшийся осадок в результате операций фильтрации или отстаивания. В случае если осадок не подлежит вторичной переработке, осадок необходимо утилизировать или обработать на месте.

Адсорбционные фильтры эффективно улавливают и удаляют различные химические загрязнители, включая хлорированные углеводороды и полиароматические углеводороды (ПАУ), с эффективностью до 90 – 95 %.

Очищенная с помощью адсорбционных фильтров вода может повторно использована в производственных процессах или безопасно сброшена в окружающую среду, соответствуя строгим нормативным требованиям.

Кросс-медиа эффекты

При мембранной обработке образуется остаток (концентрат), составляющий приблизительно 10 % от объема исходного сырья, в котором целевые вещества присутствуют в количествах, примерно в 10 раз превышающих их концентрацию в исходном сырье.

При органических взвешенных веществ увеличение концентрации может улучшить условия для последующих процессов окислительной деструкции. При неорганических взвешенных веществ стадия концентрирования может быть использована как часть процесса извлечения. В обоих случаях фильтрованная вода, полученная в результате мембранного процесса, потенциально может повторно использована в промышленном процессе, что позволяет сократить потребление и выброс воды.

Потребление энергии напрямую связано с требованиями к поперечному расходу и давлению. Преимущественно это связано с поддержанием минимальной скорости около 2 м/с по поверхности мембраны.

Источником шума является насосное оборудование, которое может быть закрыто.

Использование адсорбентов, которые могут быть регенерированы и повторно использованы, снижает потребление сырья и уменьшает объем отходов. Использование адсорбентов способствует более рациональному использованию ресурсов и уменьшению экологического следа компании.

Технические соображения, касающиеся применимости

Мембранная фильтрация (МФ и ультрафильтрация) применяется если требуется очистка сточных вод от твердых частиц для последующих установок. Обратный осмос или полное удаление опасных загрязняющих веществ, таких, как нерастворимые тяжелые металлы. Выбор между МФ и УФ зависит от размера частиц.

ExxonMobil Chemical (США) активно применяет технологии фильтрации сточных вод для снижения экологического воздействия своих производственных процессов. Использование адсорбционных фильтров позволяет эффективно удалять органические загрязнители и тяжелые металлы из сточных вод, что способствует соблюдению строгих экологических норм.

SABIC (Saudi Basic Industries Corporation, Саудовская Аравия), LyondellBasell (Германия) применяют современные методы очистки сточных вод, включая адсорбционные фильтры.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Использование адсорбционных фильтров для очистки сточных вод на LyondellBasell (Германия) зависит от множества факторов, включая масштаб производства, объем сточных вод, специфические загрязнители и текущие методы очистки. В части снижения затрат на энергию, если адсорбционные фильтры снижают энергозатраты на 10 %, а текущие расходы на энергию для очистки сточных вод составляют около 1 млрд. тенге ($\approx 2\,000\,000$ долларов США), то экономия составит около 100 млн. тенге ($\approx 200\,000$ долларов США) в год.

Движущая сила внедрения

Движущей силой использования этой техники является получение стоков, практически не содержащих твердых частиц.

5.1.4. Техники, направленные на управление и сокращение воздействия технологических остатков и производственных отходов

5.1.4.1. Использование в качестве сырья отработанных катализаторов, уловленной пыли, шламов от зачистки оборудования

Описание

На предприятиях химического производства образуется широкий спектр отходов, часть которых повторно используется в качестве сырьевых ресурсов. Для предотвращения образования отходов и управления образовавшимися отходами применяется следующая иерархия мер: предотвращение образования, подготовка отходов к повторному использованию, переработка, утилизация, удаление отходов.

Техническое описание

Обработка отработанных катализаторов зависит от типа катализатора (каталитически активное вещество и поддерживающая структура или носитель), и от побочных продуктов каталитического процесса. Обработка отработанных катализаторов включает в себя: регенерацию катализаторов для повторного использования в качестве катализаторов, переработку компонентов катализаторов и утилизацию.

Органические материалы (сырье, продукты и субпродукты) извлекаются из остатков с помощью разделения (дистилляция) или конверсии (термический/каталитический крекинг, газификация, гидрирование).

Этот метод включает регенерацию катализаторов и адсорбентов, с использованием термической или химической обработки, позволяющей повторно использовать их в технологическом процессе.

Регенерацию катализатора можно проводится на промышленном объекте или в специализированных организациях. Регенерация адсорбентов (например, активированные углероды) для повторного использования в технологическом процессе, осуществляется на промышленном объекте или в специализированных организациях.

ТОО "Шымкентская химическая компания" (Казахстан) завод оснащен современным оборудованием для переработки отходов.

Проект разработан на базе технологии Etherification французской компании AXENS, которая является одним из мировых лидеров в производстве МТБЭ. Завод имеет годовую мощность производства в 57 тыс. тонн МТБЭ.

Достигнутые экологические выгоды

Сокращаются количество остатков и расход исходного сырья. Сокращение количества отходов (отработанного каталитического материала и адсорбентов). Переработка отработанных катализаторов, уловленной пыли и шламов позволяет снизить количество отходов, направляемых на утилизацию или выброшены в окружающую среду. Это способствует уменьшению негативного воздействия на окружающую среду.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Переработка отработанных катализаторов и других отходов может также обеспечить определенные эксплуатационные преимущества и увеличение эффективности производства. Восстановление ценных компонентов из материалов более экономически выгодно, чем их закупка в виде новых сырьевых материалов.

Кросс-медиа эффекты

Повышенное потребление энергии (пара). Процессы регенерации катализатора могут приводить к выбросам в атмосферу и/или воду, а также к образованию отходов.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применяется к новым установкам или в модернизации существующих установок.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Рекуперация осуществляется, когда ценность извлеченных веществ превышает энергетические затраты на обработку, связанные с их восстановлением, с учетом повышенных затрат на энергию и переработку (при проведении восстановительных работ), снижения материальных затрат и затрат на утилизацию остатков.

Экономический баланс зависит от затрат на регенерацию (включая затраты на борьбу с загрязнением за любые выбросы в атмосферу и воду и затраты на утилизацию любых отходов) по сравнению с затратами на свежий катализатор/адсорбент и утилизацию отработанного катализатора/адсорбента. Существуют потенциальные возможности для извлечения компонентов из восстановленного десорбированного материала.

Переработка шламов и их использование в качестве сырья на производственных предприятиях SABIC позволяет сократить объемы отходов на 50 % и уменьшить расходы на утилизацию на 30 %.

В одном из производственных комплексов LyondellBasell (Германия) регенерация катализаторов позволила существенно сократить затраты на закупку новых катализаторов и уменьшить объемы отходов. Переработка уловленной пыли, содержащей ценные металлы, позволила извлечь до 90 % ценных компонентов, которые были повторно использованы в производстве, что значительно снизило затраты на сырье.

Движущая сила внедрения

Экологические нормативы и требования к экологической устойчивости и необходимость соблюдения строгих нормативов по обращению с отходами стимулируют компании к исследованию и внедрению более эффективных способов утилизации отходов. Использование отработанных катализаторов и других отходов в качестве сырья может помочь в соблюдении этих нормативов и одновременно снижать негативное воздействие на окружающую среду.

Переработка отходов и их использование как вторичного сырья может быть экономически выгодным, особенно если это позволяет снизить расходы на закупку первичного сырья. Утилизация отработанных катализаторов, отходов также может сократить расходы на обращение с отходами, так как снижается количество отходов, направляемых на свалку или специализированную переработку.

Развитие новых технологий и методов переработки отходов, таких, как более эффективные способы очистки и регенерации катализаторов, может стимулировать компании к применению этих инноваций в своей деятельности.

Корпоративная ответственность. Ведущие компании все больше осознают важность корпоративной социальной ответственности и стремятся к уменьшению своего экологического следа. Внедрение более устойчивых практик управления отходами, включая использование отработанных катализаторов и других отходов в качестве сырья, является частью их стратегии.

5.2. Техники при производстве пропилена

5.2.1. Техники по энергоэффективности и ресурсосбережению

5.2.1.1. Применение катализаторов с высокой активностью и селективностью

Описание метода представлено в разделе 5.1.1.1.

5.2.2. Техники по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух

5.2.2.1. Методы сокращения выбросов NO_x

Описание

Использование первичных и вторичных мер для снижения выбросов окислов азота.

Техническое описание

Методы предотвращения или минимизации выбросов NO_x используются при сжигании. Методы классифицируются как интегрированные в технологический процесс методы, первичные и вторичные меры по борьбе с NO_x.

Выбросы NO_x снижаются с помощью следующих методов:

выбор топлива;

поэтапное сжигание;

внешняя или внутренняя рециркуляция отходящих газов;

использование горелок с низким или сверхнизким содержанием NO_x;

использование инертных разбавителей.

Методы снижения выбросы NO_x за счет снижения пиковой температуры пламени.

Выбор топлива. Используется газообразное топливо. Потенциальное увеличение выбросов NO_x при использовании топлива, которое приводит к высокой пиковой температуре (например, водорода), ограничить или избежать с помощью других основных методов. Смотрите также раздел 3.4.1.3.1.

Ступенчатое сжигание. Горелки ступенчатого сжигания снижают выбросы NO_x за счет поэтапной подачи воздуха или топлива в зону, прилегающую к горелке. Ступенчатая подача топлива или воздуха снижает концентрацию кислорода в зоне сгорания основной горелки, с целью снижения пиковой температуры пламени и уменьшая термическое образование NO_x.

Рециркуляция отходящих газов. Рециркуляция части отходящих газов в камеру сгорания внешняя рециркуляция, внутренняя рециркуляция для замены части свежего воздуха. Воздух для горения, снижающий содержание кислорода, и снижающий температуру пламени.

Горелка с низким содержанием NO_x и со сверхнизким содержанием NO_x . Технология основана на принципах снижения пиковых температур пламени, задержки, но завершения процесса горения и увеличения теплоотдачи (повышенной излучательной способности пламени). Измененная конструкция камеры сгорания печи. Конструкция горелок со сверхнизким содержанием NO_x (ULNB) предусматривает подачу воздуха, топлива и рециркуляцию отработанных газов.

Использование инертных разбавителей. Для снижения температуры пламени используются "инертные" разбавители, например, пар, вода, азот (либо путем предварительного смешивания с топливом перед сжиганием, либо непосредственно в камеру сгорания). Подача пара приводит к увеличению выбросов CO.

К вторичным методам на заводах по производству низкоолефиновых соединений относится селективное каталитическое восстановление оксидов азота. Восстановление NO_x до азота в каталитическом слое путем взаимодействия с аммиаком (как правило, водным раствором) при оптимальной рабочей температуре, преимущественно составляющей около 300 – 450 °C.

Пары аммиака/мочевины смешиваются с отходящими газами через инжекционную решетку, перед подачей они пропускаются? через катализатор для завершения реакции. Доступны различные составы катализаторов для различных температурных диапазонов : цеолиты для 300 – 500 °C, традиционные благородные металлы, используемые при 200 – 400 °C, а также металлы и активированный уголь для применения при самых низких температурах – 150 °C – 300 °C.

Достигнутые экологические выгоды

Представленная техника обладает прямыми экологическими преимуществами, включая снижение эмиссий загрязняющего вещества NO_x , а также других соединений.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Печи могут быть оснащены системой предварительного подогрева воздуха для горения или могут быть объединены с газовой турбиной и использовать горячий отработанный воздух для сжигания. Обе конфигурации повышают общую энергоэффективность с последующим снижением общего расхода топлива. Данные мероприятия снижать общий массовый выброс NO_x , предварительный нагрев воздуха также может привести к увеличению выбросов из-за более высоких пиковых температур пламени.

Перечисленные выше методы используются в различных комбинациях. Предприятия, на которых не используется ни один метод сокращения выбросов NO_x , имеют более высокий средний уровень выбросов NO_x – 138 мг/Нм³ по сравнению со 103 мг/Нм³ на предприятиях, использующих три или более метода.

В качестве примера можно привести следующие предприятия: Dow, Terneuzen (Нидерланды); Borealis Porvoo (Финляндия); Borealis, Stenungsund (Швеция) и INEOS, Rafnes (Норвегия).

При использовании метода СКВ эффективность удаления, составляет от 80 % до 95 % для концентрации NO_x на входе выше 200 мг/Нм³. При использовании СКВ в газовых котлах и печах уровень остаточных выбросов NO_x может составлять 10 – 20 мг/Нм³, а выбросы NO_x – менее 100 мг/Нм³.

Дозировка аммиака или мочевины должна быть оптимизирована для достижения эффективного снижения содержания NO_x без чрезмерного выброса аммиака; типичные выбросы аммиака из этих установок находятся в диапазоне от 5 мг/Нм³ до 15 мг/Нм³.

Методы очистки выбросов NO_x СКВ применяются на заводах BP, Gelsenkirchen (Германия), Shell, Moerdijk (Нидерланды) и двух заводах LyondellBasell Wesseling (Германия) СКВ.

Кросс-медиа эффекты

Потенциальное незначительное увеличение энергопотребления при первичных мерах. При использовании СКВ потенциальное образование аммиака, отработанного катализатора.

Технические соображения, касающиеся применимости

Выбор видов топлива: при существующих установках переход с жидкого на газообразное топливо может быть ограничен конструкцией горелок.

Ступенчатое сжигание: применение может быть ограничено конструкционными параметрами при модернизации небольших технологических печей, что ограничивает возможность модернизации ступенчатого сжигания топлива/воздуха без снижения производительности.

Система рециркуляции отходящих газов и горелка с низким содержанием NO_x /горелка со сверхнизким содержанием NO_x : применение существующих технологических печей/нагревателей ограничивается габаритами конструкции.

При использовании СКВ: применимость к существующим технологическим печам/нагревателям может быть ограничена конструкционными параметрами и объемами эмиссий. Установки, на которых сжигается жидкое топливо, не могут использовать СКВ для снижения содержания NO_x из-за риска загрязнения катализатора.

Техническими соображениями, влияющими на применимость в существующих печах, являются требования СКВ к площади и высокая сложность конвекционной секции печей, что потребовало бы существенной модернизации печи. В качестве альтернативы, первичные меры по сокращению выбросов NOX, методы управления технологическим процессом и оптимизации и постоянный мониторинг процесса и выбросов могут обеспечить сопоставимое улучшение экологических показателей при меньшем количестве изменений в дизайне и конструкции.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Снижение выбросов NOx до 40 % уменьшает потребность в дополнительных мерах по очистке и снижает операционные расходы.

Использование технологий рекуперации тепла повышает общую энергоэффективность производственных процессов, что снижает расходы на энергию. Снижение потребления энергии на 10 % может привести к экономии до 500 млн. тенге ($\approx$ 1 млн. долларов США) в год.

Движущая сила внедрения

Соблюдение требований экологического законодательства Республики Казахстан.

5.2.2.2. Методы сокращения выбросов CO

Описание

Катализаторы, такие, как цеолиты и их модификации, способствуют более эффективному окислению углерода, что снижает выбросы CO.

Техническое описание

Использование электрически нагреваемых каталитических реакторов. Реакторы обеспечивают более эффективное управление температурой и снижением выбросов за счет электрического нагрева, что улучшает процессы каталитического окисления и уменьшает образование CO.

Оптимизация процесса горения достигается за счет правильной конструкции и эксплуатации оборудования, которые включают оптимизацию температуры и времени пребывания в зоне горения, эффективное смешивание топлива и воздуха для горения, а также регулирование горения. Регулирование горения основано на непрерывном мониторинге и автоматическом управлении соответствующими параметрами горения (например, O₂, CO, соотношением топлива и воздуха и несгоревших веществ).

На промышленных объектах используются методы многопараметрического управления, включающие онлайн-анализаторы, средства контроля производительности, средства контроля ограничений и иные контроллеры, часто с оптимизацией в режиме реального времени для максимального использования активов и повышения производительности.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение выбросов СО и ЛОС в атмосферу.

Примерами могут служить следующие компании: ExxonMobil Chemical (США), Dow Chemical Company (США), LyondellBasell (Германия). Представленные компании применяют различные методы и технологии для оптимизации процессов сжигания, такие, как использование более эффективных горелок, контроль уровня кислорода в системе сжигания, внедрение систем рециркуляции отходящих газов и иные меры снижения выбросов СО и других загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

При использовании методов контроля горения наблюдаются значения выбросов СО ниже 20 мг/Нм³. Представленные данные показывают, что на этих установках, как правило, применяются меры по ограничению горения, которые в целом снижают выбросы СО. Указанные меры включают регулирование подачи воздуха для горения и контроль избытка О₂ на протяжении всего процесса горения.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

Рекомендуется проведение мониторинга и последующего контроля уровня кислорода.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Требования экологического законодательства Республики Казахстан.

5.2.2.3. Методы сокращения выбросов углеводородов

Описание метода представлено в разделе 5.1.2.1.

5.2.3. Техники, направленные на предотвращение, сокращение образования и очистку сточных вод

5.2.3.1. Методы сокращения потребления воды

Описание метода представлено в разделе 5.1.3.

5.2.3.2. Методы очистки сточных вод от углеводородов

Описание

Очистка сточных вод осуществляется как с использованием специального оборудования для их очистки, так и посредством предварительной обработки перед передачей в специализированные организации.

Техническое описание

Метод заключается в обеспечении эффективного разделения органической и водной фаз.

Системы выработки разбавляющего пара используются для утилизации большей части загрязненного конденсата. Установки очистки сточных вод от углеводородов преимущественно включают в себя систему промывки для извлечения тяжелых углеводородов, систему коалесцирования/разделения фаз, отпаривания для удаления легких углеводородов и регенерационную колонну или регенерационные теплообменники, в которых частично очищенная вода повторно кипятится и возвращается в цикл. Углеводороды, извлеченные в процессе, сохраняются для присоединения к бензину и/или мазуту, продуктам или исходным потокам.

Образование разбавляющего пара дает дополнительное преимущество, заключающееся в значительном сокращении количества технологической воды, которую необходимо обрабатывать, и снижать содержание углеводородов и фенолов.

Для извлечения и повторного использования углеводородов и конденсата из системы выработки разбавляющего пара используются следующие методы:

- операции многократного использования и рециркуляции;
- извлечение сырья путем отпаривания;
- извлечение жидких углеводородов для использования в других процессах.

К методам извлечения углеводородов и снижения содержания органических веществ, направляемых на общую очистку сточных вод, относятся:

- отпаривание паром;
- разделение фаз с помощью водонефтяных сепараторов (API), включая обработку эмульсий;
- использование гидроциклона.

Примерами являются предприятия, занимающиеся производством пропилена, которые используют методы очистки сточных вод от углеводородов:

Saudi Aramco (Саудовская Аравия): использует передовые процессы окисления и другие современные технологии для очистки сточных вод, обеспечивая минимальное воздействие углеводородных загрязнений на окружающую среду;

Sinopec в Китае использует биологические и усовершенствованные процессы окисления для эффективного управления сточными водами и их очистки от загрязняющих веществ, образующихся в результате масштабного производства пропилена;

ExxonMobil (США): внедряет множество передовых технологий очистки сточных вод, включая процессы Fenton и photo-Fenton, на своих нефтеперерабатывающих и нефтехимических заводах по всему миру для эффективной очистки сточных вод, содержащих углеводороды.

Достигнутые экологические выгоды

Извлечение органического материала. Сокращение потребления воды и объема сточных вод, сбрасываемых на очистку.

На промышленных объектах "Polychem Corporation", "Chemical Innovations Ltd." и "Polymer Solutions Inc." (США). Заводы оснащены специальным оборудованием для очистки сточных вод.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Извлеченные углеводороды повторно возвращаются в процесс или используются в качестве сырья в других химических процессах. Извлечение органического вещества улучшается, за счет отпаривания паром или газом или использования ребойлера. Очищенная вода повторно используется в системе выработки разбавляющего пара. Поток охлаждающей воды для очистки отводится на последующую окончательную очистку сточных вод, чтобы предотвратить накопление солей в системе.

Кросс-медиа эффекты

Улучшенная очистка требует значительных объемов энергии.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна. Преимущества заключаются в экономии воды и восстановлении органического материала.

Движущая сила внедрения

Экологические и экономические причины.

5.3. Техники при производстве полиолефинов

5.3.1. Техники по энергоэффективности и ресурсосбережению

5.3.1.1. Рекуперация отходящих газов

Описание методов представлено в разделах 5.1.1.2., 5.3.2.5.

5.3.1.1. Использование высокоэффективных катализаторов

Описание метода представлено в разделе 5.1.1.1.

5.3.2. Техники по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух

5.3.2.1. Методы предотвращения и минимизации неорганизованных выбросов в атмосферный воздух

Описание

Воздух, используемый для пневматической транспортировки частиц и работы установок для обеспыливания, содержит пыль и частицы нити. Плотность полимера влияет на образование пыли и частицы нити и более высокая плотность полимера

приведет к большему образованию пыли, более низкая плотность полимера увеличит склонность к образованию нити. Потенциально образуется пыль, в то время как нить попадает в изделие или собирается в виде полимерных отходов.

Техническое описание

Технические положения по предотвращению и минимизации неорганизованных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу включают:

использование клапанов с сильфонными или двойными уплотнениями или столь же эффективного оборудования. Сильфонные клапаны особенно рекомендуются для высокотоксичных работ;

насосы с магнитным приводом или герметичные насосы, а также насосы с двойным уплотнением и жидкостным барьером;

компрессоры с магнитным приводом или герметичные компрессоры, а также компрессоры с двойным уплотнением и барьером для жидкости;

мешалки с магнитным приводом или герметичные мешалки, а также мешалки с двойными уплотнениями и барьером для жидкости;

сведение к минимуму количества фланцев (соединителей);

эффективные прокладки;

закрытые системы отбора проб;

отвод загрязненных сточных вод в закрытых системах;

комплекс вентиляционных отверстий.

При внедрении метода следует учитывать следующие факторы:

транспортировка в плотной фазе более эффективна для предотвращения выбросов пыли, чем транспортировка в разбавленной фазе (переход на транспортировку в плотной фазе не всегда возможен из-за конструкции с ограничением по давлению);

снижение скоростей в системах транспортировки разбавленной фазы до максимально низкого уровня;

снижение пылеобразования в конвейерных линиях за счет обработки поверхности и правильного выравнивания труб;

использование циклонов и/или фильтров в вытяжных воздуховодах пылеулавливающих установок, использование скрубберов.

Достигнутые экологические выгоды

Применение замкнутых систем позволяет улавливать и повторно использовать выбросы, для снижения их объемов. Внедрение систем мониторинга и контроля утечек, и применение катализаторов для разложения вредных веществ снижает операционные затраты.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Высокое потребление энергии при транспортировке разбавленной фазы зависит от высокого перепада давления. Применение транспортировки густой или разбавленной фазы зависит от продукта.

Кросс-медиа эффекты

Потребности в энергии, связанные с перепадом давления.

Технические соображения, касающиеся применимости

Транспортировка разбавленной фазы не рекомендуется для продуктов, чувствительных к истиранию, а транспортировка плотной фазы неприменима для продуктов, склонных к образованию корки.

Промышленные объекты компаний BASF в Германии, INEOS в Великобритании, SABIC в Нидерландах, Dow в Швейцарии и Solvay в Бельгии активно внедряют современные технологии и оборудование для обеспечения безопасности производства и соблюдения высоких стандартов окружающей среды.

Применяемые методы на Solvay в Бельгии (Антверпен, Жемеппе-сюр-Самбр) включают использование передовых технологий для мониторинга и снижения выбросов из различных источников, таких, как клапаны, фланцы, насосы и резервуары.

На ООО "Ставролен" (Российская Федерация) для предотвращения утечек и минимизации неорганизованных выбросов используются закрытые системы переработки и хранения сырья и продуктов.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

При транспортировке плотной фазы инвестиционные затраты примерно на 15 % выше, чем при транспортировке разбавленной фазы.

Движущая сила внедрения

Сокращение эмиссий.

5.3.2.2. Сведение к минимуму остановок и пусков установок

Описание

Увеличение времени стабильной работы оборудования.

Техническое описание

Стабильность и надежность эксплуатации промышленных объектов зависит от надежности оборудования и сведения к минимуму останов и пуск установок.

Аварийных остановок можно избежать путем своевременного выявления отклоняющихся условий с последующим применением контролируемого процесса отключения.

Достигнутые экологические выгоды

За счет минимизации простоев, включая аварийные остановки, и пусков снижается выброс ЛОС, а также пыли.

Представленная техника обладает прямыми экологическими преимуществами, включая снижение эмиссий загрязняющего вещества "Пыль" и сокращение выбросов твердых частиц размером до 2,5 мкм, а также других соединений.

Дополнительными потенциальными преимуществами являются сокращение объемов отходов и частичное снижение выбросов SO и NO_x на промышленных объектах.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Выбросы, возникающие во время пусков, остановок и аварийных остановок оборудования, направляются в систему локализации, в целях исключения попадания в окружающую среду. Содержащийся в нем материал, который может быть непрореагировавшими мономерами, растворителями, полимерами и иными материалами, по возможности перерабатывается или используется в качестве топлива.

Минимизация этих циклов продлевает срок службы оборудования и снижает затраты на его обслуживание. По оценкам, это может сократить расходы на техническое обслуживание до 20 - 30 %.

Кросс-медиа эффекты

Повторное использование в технологическом процессе и/или использование в качестве топлива.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

Экономика

В зависимости от существующих конструкций в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Внедрение систем автоматизации и предиктивного обслуживания минимизирует незапланированные остановки за счет прогнозирования потенциальных проблем и своевременного их устранения что сокращает непредвиденные простои на 50 % и уменьшить связанные с этим затраты.

Оптимизация технологических процессов и использование передовых систем управления на объекте Solvay (Бельгия) позволили минимизировать число остановок и пусков установок, что привело к улучшению операционной эффективности и снижению затрат.

На производственных мощностях INEOS (Великобритания) внедрение систем предиктивного обслуживания и автоматизации позволило значительно сократить число незапланированных остановок, что привело к значительной экономии на операционных расходах и повышению общей производительности. Инвестиции в новые энергосберегающие технологии и модернизацию оборудования позволили снизить выбросы CO₂ на 150 000 тонн в год и сократить затраты на энергию.

Движущая сила внедрения

Внедрение обусловлено как экологическими, так и экономическими соображениями, направленными на сокращение потерь продукта, мономеров и растворителей.

5.3.2.1. Последующая обработка потоков продувочного воздуха, поступающих из секции доводки и вентиляционных отверстий реактора

Описание

Применяются методы термического и каталитического сжигания для удаления ЛОС при продувке воздухом, поступающим из секции доводки и вентиляционных отверстий реактора. Также при технической возможности обеспечивается направление потоков в печь (при наличии).

Техническое описание

Необходимость обработки потоков зависит от остаточного уровня ЛОС в продукте, поступающем из производственной или экструзионной секции. В таблице 5.2. представлен обзор различных методов последующей обработки ЛОС:

Таблица 5.2. Обзор различных методов последующей обработки ЛОС

№ п/п	Техника	Эффективность лечения	Потребление энергии	Выброс CO ₂
1	Сокращение выбросов на источнике	100 %	0	0
2	Сбор и возвращение в процесс	99,5 %	Экономия	0
3	Сбор и направление на факел в соответствии с требованиями промбезопасности	98 - 99 %	Увеличение	Увеличение

Достигнутые экологические выгоды

Сокращение выбросов ЛОС. В процессе последующей обработки используются технологии рекуперации тепла, которые позволяют утилизировать тепло отработавшего воздуха и использовать его повторно в производственных процессах. К примеру, на Versalis (ENI) – Равенна (Италия) благодаря применению адсорбционных технологий и катализаторов, выбросы ЛОС были снижены на 85 – 90 %

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Если калорийность газа превышает 11 МДж/Нм³, то эффективность факела составляет 98 – 99 %.

Кросс-медиа эффекты

Применение методов термического и каталитического сжигания приведет к увеличению потребления энергии и выбросов CO₂.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

Методы удаления ЛОС не применяются при наличии в газовом потоке хлорированных органических соединений. Хлорированные соединения удаляются из отходящих газов методами отгонки или конденсации на предыдущих стадиях процесса.

Термоокислители используются для снижения выбросов практически из всех источников ЛОС, включая вентиляционные отверстия реакторов, дистилляционные отверстия, операции с растворителями и операции, выполняемые в печах, сушилках и обжиговых печах. Термоокислители выдерживают незначительные колебания расхода. Расход топлива может быть высоким при подаче отходящих газов с низкой загрузкой, поэтому тепловые агрегаты подходят для небольших технологических процессов с умеренной или высокой концентрацией ЛОС.

Каталитическое окисление используется для сокращения выбросов из различных стационарных источников. Основным источником выбросов являются ЛОС при испарении растворителя и каталитическое окисление широко используется во многих отраслях промышленности этой категории.

К примеру, LyondellBasell (Германия) использует сложные системы для улавливания и очистки отходящих потоков, обеспечивая минимальные выбросы углеводородов на своих предприятиях по производству полиолефинов.

Системы рекуперации тепла на Dow Chemical (США) для обработки потоков продувочного воздуха помогают снизить затраты на энергию и повысить энергоэффективность. Внедрение систем рекуперации тепла на предприятии Dow Chemical позволило сократить энергозатраты на 15 %, что привело к значительной экономии и улучшению производственных процессов.

Известная своими эффективными методами управления окружающей средой, компания ExxonMobil (США) использует передовые системы очистки сточных вод, что значительно сокращает выбросы углеводородов.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Для завода по производству полиолефинов инвестиционные затраты на термоокислитель, включая систему сбора, составляют от 3 до 6 млн. евро на линию (от 100 до 200 тыс. тонн полиэтилена в год). При наличии подходящей печи затраты на сбор и транспортировку составляют около 2 млрд. тенге (≈ 2 млн. евро) за линию.

Эффективная обработка потоков продувочным воздухом позволяет уменьшить объемы выбросов и отходов, что снижает затраты на их утилизацию. По оценкам, такие меры могут сократить расходы на утилизацию до 20 – 30 %.

Движущая сила внедрения

Сокращение эмиссий.

5.3.2.2. Минимизация сжигания потоков на факельных установках, минимизация потоков

Описание

Основным потенциальным источником периодических выбросов в процессах производства полимеров является реакторная система. Периодические выбросы из реакторных систем происходят во время пусков установки (например, продувки), простоев и аварийных остановок.

Техническое описание

Факельные установки используются для обработки прерывистых выбросов. Для минимизации выбросов в факельных установках используются высокоэффективные наконечники для сжигания и подача пара для подавления образования дыма. Потенциальные потоки, направляемые на факельную установку для сжигания, могут включать:

- потоки продувки газообразными углеводородами во время пусков и остановок;

- потоки продувки этиленом, позволяющие контролировать накопление инертных веществ в процессе;

- пары углеводородов из секции промежуточной продувки.

Использование пилотных горелок и задвижек для минимизации сжигания потоков на факельных установках при производстве полиолефинов связано с контролем и управлением потоками углеводородных газов, которые в противном случае могли бы выбрасываться в атмосферу.

Пилотные горелки играют ключевую роль в обеспечении надежного зажигания основных факельных установок для снижения выбросов углеводородных газов. Поддерживают стабильное горение при изменениях давления и состава газов.

Задвижки используются для управления потоками газов в системах факельных установок, обеспечивают точное регулирование и контроль над потоками, что позволяет минимизировать объемы газа, подлежащего сжиганию.

Задвижки позволяют точно контролировать количество газа, направляемого на факельную установку, что помогает уменьшить объемы сжигаемых углеводородов. В комбинации с системами мониторинга и автоматизации задвижки регулируют потоки в реальном времени, обеспечивая оптимальные условия для сжигания.

В производственных процессах компании Versalis (ENI) – Равенна (Италия) применяются пилотные горелки. Компания обеспечила снижение объемов сжигаемых углеводородов на 20 – 30 %, что привело к значительному уменьшению выбросов вредных веществ в атмосферу и повышению устойчивости производства. Аналогичные показатели достигнуты на RadiciGroup – Бусто-Гарольфо (Италия) при использовании пилотных горелок и задвижек.

Достигнутые экологические выгоды

Сжигание на факелах выбрасываемого содержимого реактора позволяет избежать выбросов углеводородов в атмосферу.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Потоки углеводородов, направляемые в факельную установку, сводятся к минимуму следующими способами: потоки продувки газообразными углеводородами во время пусков и остановок: снижение потребности в продувке углеводородами за счет использования азота для очистки установки от O_2 перед запуском; потоки продувки этиленом, используемые для контроля накопления инертных веществ в процессе переработки в комплекс по переработке легких углеводородов; использование продувочного этилена в качестве топлива, установки отдельной установки очистки дистилляции для удаления примесей и высших углеводородов.

Минимизация факельного сжигания позволяет значительно снизить потребление энергии, используемой для сжигания лишних газов. Компания Borealis инвестировала около 8,9 млрд. тенге ($\approx 17\,600$ евро). по производству полиолефинов в Порвоо (Финляндия) в проект который сэкономил около 60 ГВтч энергии ежегодно.

На LG Chem (Корея) внедрение этих методов позволило снизить выбросы углеводородов на 25 % и сократить затраты на топливо и техническое обслуживание на 15 % ежегодно.

Кросс-медиа эффекты

Сжигание материала на факелах приводит к увеличению выбросов CO_2 . Шум, производимый при сжигании.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо для всех процессов, за исключением процесса полиэтилена высокого давления и потоков хлорированного газа в процессах производства ПВХ. Наземные факельные установки больше подходят для сжигания меньшего количества потоков отходящих газов, поскольку при этом снижается уровень шума и световых выбросов.

Факельные установки используются на многих заводах по производству нефтехимии и полимеров по всему миру.

Компания Linde Engineering (Германия) использует передовые технологии для минимизации сжигания в факелах и эффективного управления вентиляционными потоками с внедрением системы рекуперации воздуха в рамках комплексного обслуживания жизненного цикла проектов для полиолефиновых заводов, включая производство полиэтилена и полипропилена. Их технологическая интеграция обеспечивает снижение выбросов и повышение эффективности работы.

Компания Dow Chemical (США) применяет различные методы для сокращения сжигания в факелах на предприятиях по производству полиолефинов. Компания сосредоточена на рекуперации и повторном использовании сточных вод, применяя передовые технологии очистки для минимизации выбросов и повышения экологичности.

Borealis. На своем заводе по производству ПВД в Цвейндрехте, Бельгия, компания Borealis внедрила инновации, которые значительно сокращают использование факелов

в неаварийных условиях. Компания уделяет особое внимание экологичности и воздействию на окружающую среду, включая передовые системы улавливания и обработки вентиляционных потоков.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Общие затраты зависят от количества подключаемых установок полимеризации и варьируются от 3 до 5 млн. евро для надземных факелов и соединительных линий.

В RadiciGroup Бусто-Гарольфо (Италия) снижение затрат на обслуживание оборудования благодаря использованию пилотных горелок и задвижек составило до 15 % ежегодно. На Versalis (ENI) (Италия) внедрение данных технологий позволило увеличить производительность на 5 – 10 %.

Движущая сила внедрения

Требования промышленной безопасности.

5.3.2.3. Утилизация тепла экзотермической реакции путем выработки пара низкого давления

Описание

Использование производимых ресурсов в технологическом процессе.

Техническое описание

Отводимое тепло реакции может быть использовано для выработки пара низкого давления для целей предварительного нагрева (например, в трубчатых процессах, сепараторах высокого давления или трубчатых реакторах в процессах производства ПВД), для другого внутреннего использования или для экспорта внешнему потребителю.

Также в производственном процессе могут быть использованы электроэнергия и пар от когенерационных установок.

Типичная система когенерации состоит из двигателя и паровой турбины или турбины внутреннего сгорания, которая приводит в действие электрический генератор. Утилизационный теплообменник утилизирует отработанное тепло двигателя и/или выхлопных газов для получения горячей воды или пара.

Достигнутые экологические выгоды

Снижение энергопотребления.

На LyondellBasell (Германия) системы улавливают тепло, выделяющееся в результате экзотермических реакций полимеризации, и используют его для получения пара низкого давления, который затем используется в установке для различных процессов, тем самым повышая энергоэффективность.

Dow Chemical (США) внедряет технологии утилизации отработанного тепла на своих заводах по производству полиолефинов. Они преобразуют тепло, получаемое в результате экзотермических реакций, в пар низкого давления, который используется

для удовлетворения энергетических потребностей других подразделений предприятия, снижая общее энергопотребление и воздействие на окружающую среду.

BASF (Германия) использует тепло экзотермических реакций при производстве полиолефинов для получения пара низкого давления. Этот пар затем используется на различных заводах, повышая общую энергоэффективность и сокращая выбросы парниковых газов.

На своих предприятиях SABIC (Саудовская Аравия) внедрила системы рекуперации тепла, получаемого в результате экзотермических реакций при производстве полиолефинов, для получения пара низкого давления. Этот пар используется на заводе, что сводит к минимуму потребность в дополнительных источниках энергии и снижает эксплуатационные расходы.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Когенерация вырабатывает заданное количество электроэнергии и технологического тепла с расходом топлива на 10 – 30 % меньше, чем требуется для раздельного производства электроэнергии и технологического тепла.

Когенерация преимущественно устанавливается, когда установка использует вырабатываемый пар или когда имеется выход для вырабатываемого пара. Произведенная электроэнергия может быть либо использована заводом, либо экспортирована.

На предприятиях Dow Chemical Company (США) используются комбинированные теплоэнергетические установки, которые преобразуют отходящее тепло в пар и вырабатывают электроэнергию. При этом, как правило, расходуется на 20 – 40 % меньше топлива.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Этот метод может быть применен в различных технологических процессах, но в основном применяется на интегрированных предприятиях, где имеются потребители производимого пара.

Экономика

В зависимости от специфики производственного процесса случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Экономические и экологические причины.

5.3.3. Техники, направленные на предотвращение, сокращение образования и очистку сточных вод

5.3.3.1. Методы предотвращения и минимизации сбросов сточных вод

Описание

Приведены методы, используемые для сокращения потребления воды и сточных вод. С качественной точки зрения, большая часть сточных вод при производстве полиолефинов преимущественно не образуется на стадиях химических реакций. Сточные воды могут образовываться непосредственно в результате реакций, например, в виде конденсата или реакционной воды.

Техническое описание

Технологические сточные воды и дренажные или канализационные системы на заводе изготавливаются из коррозионностойких материалов и предназначены для предотвращения утечек, чтобы снизить риск потерь из подземных трубопроводов. Для облегчения осмотра и ремонта систем сбора сточных вод на новых заводах и на модернизированных системах представляют собой либо:

- трубы и насосы, расположенные над землей;

- трубы, доступные для осмотра и ремонта.

Меры по предотвращению загрязнения воды включают отдельные системы сбора сточных вод для:

- загрязненной технологической сточной воды;

- потенциально загрязненной воды в результате утечек и из других источников, включая охлаждающую воду и поверхностный сток с производственных площадок и т.д.;

- незагрязненной воды.

Заводы по производству полиэтилена являются небольшими потребителями технологической воды. Потребление технологической воды ограничено водой для производства пара (установки по производству полиэтилена высокого давления), градилен и систем водяного охлаждения гранул. Чтобы снизить потребление воды, установки оснащаются системами градилен с замкнутым контуром.

Операции многократного использования и рециркуляции включают также возможность повторного использование воды, полученной в результате мойки, ополаскивания и чистки оборудования. Данные процессы, в дополнение к снижению расхода сточных вод, имеют преимущество в рекуперации продукта и увеличении выхода продукта при условии, что вода повторно используется в самом производственном процессе. Для этого требуются сооружения для сбора, буферизации или хранения сточных вод, что может быть ограничивающим фактором.

Существуют и другие возможности для рециркуляции сточных вод в технологический процесс: ливневые воды можно собирать и использовать, например, для подачи в скруббер, рециркуляции конденсата.

Достаточно большой буферный резервуар, установленный перед установкой очистки сточных вод для загрязненных технологических сточных вод, обеспечивает стабильную работу системы очистки технологических сточных вод, обеспечивая постоянный входной поток.

Достигнутые экологические выгоды

Примерами предприятий по производству полиолефинов, которые внедряют методы предотвращения и минимизации сброса сточных вод, являются LyondellBasell (Германия), Dow Chemical (США), BASF (Германия).

Постоянное качество сточных вод, что приводит к постоянной производительности системы очистки сточных вод; сокращение потребления воды, количества очищаемых сточных вод; повторное использование ресурсов.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Специальные этапы обработки для удаления загрязняющих компонентов могут повысить эффективность процесса рециркуляции. Нейтрализация, очистка или фильтрация потоков технологической воды могут позволить повторно использовать воду. Буфер функционирует как резервуар (сливной бак) для сточных вод, не удовлетворяющих предельно допустимым концентрациям перед сбросом. Сточные воды возвращаются в буферный резервуар для повторной очистки.

Промывочная вода также может быть забуферена для повторного использования в качестве средства для очистки реакторов при серийном производстве с целью уменьшения количества промывочной воды.

Кросс-медиа эффекты

Для рециркуляции требуется очистка потока сточных вод, что приводит к дополнительному потреблению энергии и материалов и, следовательно, дополнительным затратам.

Технические соображения, касающиеся применимости

Преимущественно применяется для всех процессов получения полимеров. Многократное использование и рециркуляция упрощаются при отсутствии непосредственного контакта с сырьем и продуктами.

Экономика

Экономия средств достигается за счет меньшего расхода воды.

Движущая сила внедрения

Сокращение потребления воды.

5.3.3.2. Методы очистки сточных вод

Описание

Используются различные методы очистки сточных вод: биообработка, денитрификация, дефосфатирование, осаждение, флотация и т.д. В зависимости от объема сточных вод и их состава, а также режима работы установки выбираются наиболее подходящие методы очистки сточных вод.

Техническое описание

Основной частью процесса очистки сточных вод преимущественно является аэробный процесс биологического активного ила. Вокруг центрального объекта сгруппирован комплекс подготовительных и последующих операций по разделению.

Центральная станция очистки сточных вод преимущественно оборудована следующим:

объемы буферизации или выравнивания;

смесительная станция, где добавляются и смешиваются химикаты для нейтрализации и флокуляции (преимущественно известковое молоко и/или минеральные кислоты, сульфат железа); при необходимости закрыта для предотвращения выделения пахучих веществ, улавливаемый отработанный воздух направляется в систему очистки;

первичный осветлитель, в котором удаляются хлопья; закрытый или накрытый крышкой, для предотвращения случайного выделения пахучих веществ, улавливаемый отработанный воздух направляется в систему очистки;

часть активного ила, включающий аэрационный резервуар с питательной средой на входе, закрытый или перекрытый, при необходимости, вытяжными воздуховодами к системе очистки или закрытый реакционный резервуар с газоходом, подключенным к системе удаления газов;

стадия нитрификации/денитрификации (опционально) и удаления фосфатов;

дополнительный промежуточный осветлитель, когда используется вторая аэробная биологическая стадия, с рециркуляцией осадка.

Флотация – процесс, основанный на отделении твердых и жидких частиц от фазы сточных вод путем присоединения к мелкодисперсным пузырькам газа, преимущественно воздуха (азот или топливный газ, используются в нефтяной промышленности). Плавающие частицы накапливаются на поверхности воды и собираются скиммерами.

LyondellBasell (Германия) внедряет комплексные системы очистки сточных вод, которые включают биологическую очистку, денитрификацию и дефосфатацию для обеспечения минимального воздействия на окружающую среду.

Dow Chemical (США) использует передовые технологии: осаждение, флотация и биологическая очистка, в своих процессах управления сточными водами для снижения уровня загрязняющих веществ и улучшения качества воды.

BASF (Германия) использует многоэтапный подход к очистке сточных вод, включая биоочистку, химическое осаждение и флотацию, для эффективного управления сбросами сточных вод и сокращения их объема.

Достигнутые экологические выгоды

Использование фильтрации для очистки сточных вод имеет следующие экологические выгоды:

1. Снижение загрязнения водоемов: фильтрация сточных вод позволяет удалять различные загрязнители: химические соединения, соли, тяжелые металлы и другие вещества, прежде чем они попадут в природные водоемы. Способствует улучшению качества воды и поддержанию экосистем в природных водоемах.

2. Сохранение водных ресурсов: путем восстановления и переработки сточных вод фильтрация позволяет снизить потребление пресной воды в производственных процессах.

3. Сокращение выброса вредных веществ: фильтрация сточных вод удаляет органические загрязнители, токсичные соединения и другие вредные вещества, что снижает их негативное воздействие на окружающую среду.

4. Соответствие нормативам и стандартам: применение фильтрации позволяет соблюдать экологические стандарты и нормативы, устанавливаемые государственными органами и международными организациями по поводу качества сточных вод и выбросов в окружающую среду.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

В зависимости от содержания сточных вод может потребоваться закрыть флотационный резервуар и направить отработанный воздух в устройство для удаления газов. Организовываются помещения для хранения флокулянтов/коагулянтных химикатов и обезжиренного материала.

Кросс-медиа эффекты.

Отделенный материал, не подлежащий вторичной переработке, утилизируется как отходы. Количество зависит от удаляемого материала и количества коагулянтов и флокулянтных химикатов варьируются в зависимости от соответствующих применений флотации.

Технические соображения, касающиеся применимости

Флотация применяется, при ограниченном эффекте метода осаждения. Примеры применения флотации включают: применение на нефтехимических предприятиях в качестве последующей обработки по итогам отделения нефти и перед биологической очисткой сточных вод, удаление красителей и пигментов из соответствующих производственных сточных вод.

Преимущества метода флотации:

требуется меньший объем и, следовательно, меньшие инвестиционные затраты, чем при осаждении;

эффективность борьбы с твердыми частицами не зависит от изменения расхода, выше, чем у осаждения;

высокая эффективность разделения,.

К недостаткам метода флотации относятся:

возможно засорение клапанов;

наличие выделения запаха;

более высокие эксплуатационные расходы, чем при осаждении.

Химические заводы, производящие полимеры и использующие метод фильтрации для очистки сточных вод, включают несколько ведущих предприятий. Qenos – крупнейший производитель полиэтилена в Австралии. Они используют современные

методы фильтрации, такие, как мембранные биореакторы и ультрафильтрацию, для очистки своих сточных вод, что позволяет достигать высокого уровня очистки и защиты окружающей среды. Компания Dow Chemical (Австралия) использует передовые технологии фильтрации, такие, как нанокompозитные мембраны, для повышения эффективности очистки сточных вод и уменьшения воздействия на окружающую среду.

Экономика

В зависимости от применяемых методов и существующих условий стоимость техники индивидуальна. По сравнению с осаждением флотация имеет значительные преимущества не только при очистке воды и извлечении ценных материалов, но и при разделении и сгущении осадка с последующим высоким содержанием сухого вещества в получаемом концентрате.

Затраты энергии на флокуляцию/флотацию составляют примерно в 50 раз выше, чем на флокуляцию/осаждение. Флотация предоставляет лучшие возможности для контроля и адаптации к изменяющимся условиям эксплуатации, чем осаждение, хотя использование этих возможностей требует наличия более высококвалифицированного персонала.

Движущая сила внедрения

Снижение концентраций загрязняющих веществ в сточных водах.

5.3.4. Техники, направленные на управление и сокращение воздействия технологических остатков и производственных отходов

5.3.4.1. Повторное использование отходов

Описание

Соответствующие меры, интегрированные в технологический процесс, предотвращают и уменьшают количество отходов на заводе по производству полимеров, которые содержат отработанные растворитель и масло, полимерные воски и отходы, средства для очистки слоя и остатки катализаторов.

Техническое описание

Отработанные растворитель и масла могут быть использованы, где это применимо, в качестве сырья для крекинга или в качестве топлива. Использование очищающих средств сводится к минимуму за счет оперативной регенерации и увеличения срока службы. У катализаторов нового поколения эффективность достаточно высока, чтобы остатки катализатора оставались в полимере, что позволяет избежать стадии промывки катализатора и необходимости утилизации остатков катализатора.

Borealis (Австрия) придерживается принципов экономики замкнутого цикла, особенно на своем предприятии в городе Швехат, где основное внимание уделяется переработке пластиковых отходов в новые полиолефиновые продукты.

LyondellBasell (Германия): завод в городе Весселинг использует передовые технологии переработки пластиковых отходов для получения высококачественных полиолефинов.

INEOS (Бельгия): компания INEOS работает в городе Антверпен, где она интегрирует процессы переработки для повторного использования пластиковых отходов, способствуя достижению своих целей в области устойчивого развития.

Достигнутые экологические выгоды

Данная техника позволяет снизить объемы образования отходов и рекуперация энергии, что приведет к снижению загрязнения окружающей среды.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Приготовление твердой продукции, из твердых и пастообразных отходов, путем механической обработки и пропитки для получения специально подобранного, однородного и сыпучего продукта, который используется в процессах сжигания или реализован в качестве товара.

Используемые виды отходов: пастообразные, порошкообразные и твердые отходы: пластмассы или полимеры, смолы, краски, клеи, углеводородные шламы, органические остатки химической и фармацевтической промышленности, отработанная пластиковая упаковка.

Применяются методы получения жидкого продукта путем псевдооживления отходов с целью смешивания и гомогенизации совместимых отходов нескольких производителей и/или источников. Типичными исходными материалами являются такие отходы, как использованные растворители, остатки органического химического синтеза и т.д.

Переработанные полимеры на ПАО "СИБУР" (Российская Федерация) используются для производства новой продукции, такой, как упаковка, трубы и другие изделия, что позволяет снизить экологическую нагрузку, но и открывает новые рынки сбыта для компании. Бренд "Vivilen", который выпускает продукцию с долей переработанного пластика более 25 % [46].

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

В зависимости от типа отходов, образующихся в результате технологического процесса.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна. К примеру, на Source One Plastics в Германии полагается перерабатывать пластиковые отходы и использовать возобновляемые источники энергии.

Движущая сила внедрения

Соблюдение требований экологического законодательства.

5.4. Техники при производстве полимерных изделий

5.4.1. Техники по энергоэффективности и ресурсосбережению

Описание

В целях оптимизации процесса производства полимеров предлагается метод использования шестеренчатого насоса в сочетании с экструдером.

Техническое описание

Шестеренчатые насосы, схематично показанные на рисунке 5.1., более энергоэффективны при создании давления для гранулирования продукта, чем экструдеры. Необходимость расплавления полимеров и эффективного диспергирования добавок в расплавленном полимере ограничивает применение шестеренчатых насосов.

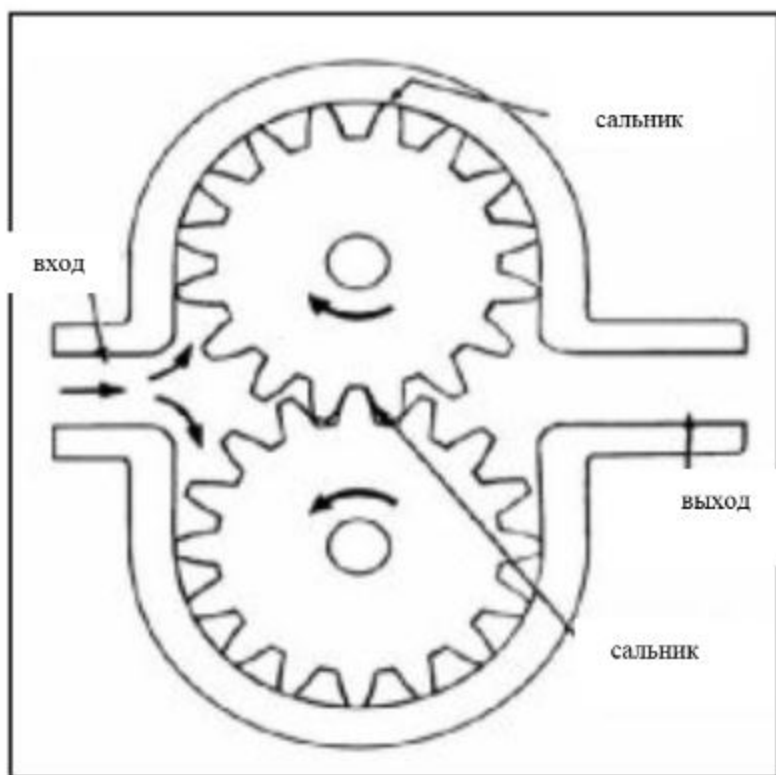


Рисунок 5.1. Схематический вид шестеренчатого насоса

Китайские заводы по производству полимеров, которые используют шестеренчатые насосы в сочетании с экструдерами для эффективной и точной обработки:

Anji Henan Plastic Machinery Co., Ltd. специализируется на разработке и производстве систем фильтрации расплавов полимеров и насосов для подачи расплава. Продукция Anji широко используется в процессах экструзии полимеров, и в шестеренчатых насосах для повышения стабильности, качества и производительности линий экструзии пластмасс (Anji Henanplastic Machinery);

компания Batte Melt Pump Zhengzhou Co., Ltd. специализируется на производстве насосов для расплавления, которые используются для транспортировки, нагнетания и дозирования высокотемпературных и высоковязких полимерных расплавов. Шестеренчатые насосы преимущественно устанавливаются между экструдером и штамповочной головкой, обеспечивая точный контроль и стабильность процесса экструзии (оборудование Batte);

Hai Rui Te (провинция Чжэнчжоу) производит шестеренчатые насосы для расплавления, предназначенные для точной и эффективной экструзии пластмасс и других высокоточных применений. Шестеренчатые насосы известны своей точностью, низкой пульсацией и длительным сроком службы, что делает их идеальными для использования в сочетании с экструдерами для обеспечения стабильного качества и производительности (HaiRuiTeChina).

Достигнутые экологические выгоды

Техника позволяет повысить энергоэффективность и оптимизировать использования ресурсов, снизить потребность в энергии, что приносит значительные экологические выгоды.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Шестеренчатые насосы потребляют меньше энергии, чем экструдеры, и поэтому применяются для снижения энергопотребления.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Метод применим для расплавленных полимеров. Гранулирование полимера иногда проводят после компаундирования, что является последующей операцией, выходящей за рамки данного документа.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Экономические причины. Энергоэффективность.

5.4.2. Организация сбора и использования отходов полимеров для повторного использования

Описание

Применяемые методы в целях снижения объемов образующихся отходов полимерных материалов.

Техническое описание

Организация сбора отходов полимеров включает применение техник сортировки для подготовки поступающих отходов перед обработкой (предварительная сортировка)

. Сортировка направлена на предотвращение попадания нежелательных материалов в последующий процесс переработки отходов.

Сортировка является распространенным технологическим этапом в деятельности по переработке отходов, который выполняется, помимо прочего, для обеспечения возможности переработки поступающих отходов в последующем процессе переработки, повышения коэффициента извлечения в процессе переработки отходов, обеспечения адекватности выходных данных для их дальнейшего использования. Сортировка выполняется вручную или автоматически.

Технологические отходы полимерных материалов возникают в процессах синтеза и переработке. Технологические отходы полимерных материалов делятся на неустраняемые и устраняемые технологические отходы. К неустраняемым относят крошки, обрезки, литники, обломки, грат. Технологические отходы полимерных материалов составляют от 5 до 35 %. Неустраняемые отходы представляют собой высококачественное сырье, по свойствам не отличающееся от исходного первичного полимера. Переработка отходов в изделия не требует специального оборудования и производится на том же предприятии. Устраняемые технологические отходы производства образуются при несоблюдении технологических режимов в процессах синтеза и переработки, т.е. это технологический брак, который сводится к минимуму и полностью устраняется. Технологические отходы производства перерабатываются в различные изделия, используются в качестве добавки к исходному сырью и т.д.

Описание применяемых методов представлено в разделе 5.3.4.1.

В США заводами по производству полимеров, которые организуют сбор и повторное использование полимерных отходов, являются:

Eastman Chemical Company активно инвестирует в экологичные методы производства, включая сбор и химическую переработку пластиковых отходов для создания новых полимеров;

Dow Chemical Company реализует комплексные программы утилизации на своих предприятиях. Основное внимание уделяется механическим и химическим процессам переработки полимерных отходов для их повторного использования в сырье, что снижает их воздействие на окружающую среду;

DuPont осуществляет инициативы по сбору и переработке полимерных отходов. DuPont работают над внедрением переработанных полимеров в свои производственные процессы, обеспечивая повторное использование отходов и способствуя развитию экономики замкнутого цикла;

Berry Global уделяет особое внимание экологичности и реализует обширные программы по сбору и переработке пластиковых отходов. Компания интегрирует переработанные материалы в продукцию, особенно в секторе упаковки, чтобы способствовать повторному использованию полимерных материалов.

Достигнутые экологические выгоды

Данная техника значительно осуществляет возврат в технологический процесс потенциального сырья, что ведет к экономии природных ресурсов, снижению загрязнения окружающей среды.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Существующие методы переработки полимерных отходов включают:

механический (измельчение с получением дробленки, крошки, сечки и т.п., измельчение с получением порошка, прессование);

термоформование (экструзия, литье под давлением, прессование, раздувное формование, вальцевание (каландрирование), пневмовакуум-формование, напыление).

Любая технология переработки полимерных отходов включает стадию первичной подготовки и обработки отходов, состоящую из сортировки полимерных отходов по виду полимера, по цвету, от посторонних включений, предварительной резки отходов на части (при необходимости). Технология механической переработки полимерных отходов в дробленку включает следующие операции: измельчение полимерных отходов, упаковку, маркировку, транспортировку потребителю.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Соблюдение требований экологического законодательства. Ресурсосбережение.

5.5. Техники при производстве других полимеров

5.5.1. Техники по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух

5.5.1.1. Методы предотвращения и минимизации неорганизованных выбросов в атмосферный воздух

Описание

Описаны применяемые методы по хранению, эксплуатации оборудования, направленные на снижение неорганизованных выбросов.

Техническое описание

Герметичность при хранении. Сырье, как правило, поставляется по трубопроводу с близлежащих производственных объектов железнодорожными цистернами. СН хранится при собственном давлении паров в шарах, покрытых огнеупорным материалом.

Охлаждение стирола осуществляется с помощью внешнего теплообменника. Оба мономера содержат ингибитор: трет-бутилкатехин, для предотвращения образования полимера и, реакции безудержной полимеризации.

Все резервуары для хранения снабжены герметичными крышками для предотвращения утечек. СН является исключением, поскольку считается, что лучше устранять любую утечку, а не позволять жидкости скапливаться под емкостью, тем самым предотвращая накопление жидкости под резервуаром и, следовательно, предотвращая возгорание бутадиена в бассейне.

Оптимизация процесса зачистки в суспензионных процессах (полипропилен, полиэтилен низкого давления). Деактивация и зачистка осуществляются в пароварке с перемешиванием. Так улучшается однородность и время контакта с паром.

Путем последующей конденсации удаленный мономер извлекается и после очистки возвращается обратно в технологический процесс. Перед установкой установки рециркуляции отходящих газов пароварки эти газы сжигались на факелах.

Для снижения неорганизованных выбросов применяются следующие методы:

контроль состояния фланцев, насосов, уплотнений и т.д.;

профилактическое обслуживание;

мониторинг;

обновления на заводе: tandemные механические уплотнения, герметичные клапаны, улучшенные прокладки и т.д.

BASF (Германия) использует передовые технологии хранения и обработки для минимизации неорганизованных выбросов. BASF используют закрытые системы и усовершенствованный мониторинг для контроля и сокращения утечек и выбросов в процессе производства полимеров. Система Verbund объединяет производственные мощности, обеспечивая эффективное использование ресурсов и сокращение отходов.

INEOS (Бельгия) уделяет особое внимание строгим правилам хранения и технического обслуживания оборудования, в целях минимизации незапланированных выбросов.

INEOS инвестируют в регулярное обучение персонала и оптимизацию процессов для обеспечения минимального воздействия на окружающую среду.

Компания Covestro (Германия) применяет комплексные меры по хранению и обработке сырья и готовой продукции для снижения неорганизованных выбросов. Covestro использует передовые системы локализации и регулярные проверки технического обслуживания.

На предприятиях Repsol (Испания) по производству полимеров используются современное оборудование и решения для хранения, направленные на минимизацию неорганизованных выбросов. Repsol используют строгие графики проверок и технического обслуживания, чтобы гарантировать эффективную работу всех систем.

Достигнутые экологические выгоды

Предотвращение выбросов при хранении.

Преимущества оптимизации процесса зачистки в суспензионных процессах: уменьшение содержания мономера в продукте; повторное использование мономера в технологическом процессе и сокращая выбросы CO₂.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Оптимизация процесса зачистки в суспензионных процессах содержание мономера в продукте снижается более чем на 75 %, кроме того, на тонну продукта можно повторно использовать около 10 кг мономеров в технологическом процессе.

Кросс-медиа эффекты

Перекрестные эффекты неизвестны.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Экологические и экономические причины.

5.5.1.2. Техники очистки организованных выбросов в атмосферный воздух

Описание

Очистка организованных выбросов на предприятиях по производству полиолефинов является важным аспектом экологического менеджмента, направленного на снижение загрязнения воздуха.

Техническое описание

Потоки отходящих газов образуются из нескольких источников (в частности, из технологических емкостей), которые необходимо обработать перед выбросом оставшегося газа в воздух. Наиболее широко используемым методом обработки этих газов является термическое окисление.

Доступны и используются также другие технологии.

Адсорбция активированным углем, используемая для удаления ЛОС из вентиляционных потоков с относительно низким расходом и концентрацией ЛОС. Промышленные объекты предприятия LyondellBasell (Австралия) используют адсорбционные системы для очистки выбросов.

Другими примерами являются:

гликолевые скрубберы, используемые для очистки вентиляционных потоков из резервуаров для хранения малеинового и фталевого ангидрида;

сублимационные боксы (холодные ловушки, позволяющие сублимировать ангидриды, включая систему технического обслуживания, очистки и переработки извлеченного материала).

Qenos, ведущий производитель полиэтилена в Австралии, применяет строгие меры по контролю выбросов в атмосферу. Они используют передовые системы фильтрации и скруббирования для улавливания и минимизации выбросов летучих органических соединений в процессе производства.

На предприятиях LyondellBasell используются регенеративные термоокислители, позволяющие эффективно управлять выбросами в атмосферу и сокращать их. Системы работают за счет уничтожения ЛОС путем высокотемпературного окисления, что значительно сокращает количество вредных выбросов, выбрасываемых в атмосферу.

Достигнутые экологические выгоды

Представленная техника обладает прямыми экологическими преимуществами, включая снижение эмиссий загрязняющего вещества "ЛОС" и сокращение выбросов других соединений.

Дополнительными потенциальными преимуществами являются сокращение объемов отходов и частичное снижение выбросов SO и NO_x на промышленных объектах.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Заводы Borealis (Австрия) используют комбинацию каталитического и термического окисления для снижения выбросов ЛОС, что позволяет сократить выбросы органических загрязнителей на 95 %.

На одном из заводов Dow Chemical (США) внедрение термических окислителей позволило сократить выбросы углеводородов на 90 %. Применение скрубберов на предприятиях ExxonMobil Chemical (США) позволило снизить выбросы кислотных газов на 80 %.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ. Скрубберы эффективны для удаления как органических, так и неорганических загрязнителей, включая кислоты и щелочи. Заводы ExxonMobil Chemical применяют скрубберы для очистки выбросов от кислотных газов.

Биофильтры эффективны для снижения концентраций ЛОС и запахов. Промышленные предприятия SABIC (Саудовская Аравия) используют биофильтры для очистки выбросов от органических веществ.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна. Внедрение современных систем очистки выбросов на

предприятии DSM Schoonebeek (Нидерланды) позволило снизить потенциальные штрафы.

Движущая сила внедрения

Экологические и экономические причины.

5.5.1.3. Контроль состояния фланцев, насосов, уплотнений

Описание

Техническое описание

Технологические емкости оснащены вентиляционными отверстиями для предотвращения повышения давления инертными газами. Вентиляционные отверстия также используются для сброса давления и промывки оборудования во время аварийных ситуаций и перед проведением технического обслуживания. Преимущественно вентиляционные отверстия подключаются к оборудованию для борьбы с загрязнением воздуха, за исключением крупных сбросных отверстий, которые из-за больших потоков могут привести к перегрузке системы очистки. Для предотвращения утечек из разгрузочных отверстий разрывные диски можно использовать в сочетании с предохранительными клапанами, возможно, после предварительного анализа рисков для безопасности. Давление между разрывной мембраной и предохранительным клапаном контролируется для обнаружения любых утечек.

Технические положения по предотвращению и минимизации неорганизованных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу включают:

- использование клапанов с сильфонными или двойными уплотнениями или эффективного оборудования. Сильфонные клапаны особенно рекомендуются для высокотоксичных работ;

- насосы с магнитным приводом или консервированные насосы, и насосы с двойным уплотнением и барьером для жидкости;

- компрессоры с магнитным приводом или консервированные компрессоры, компрессоры с двойным уплотнением и барьером для жидкости;

- мешалки с магнитным приводом или консервированные мешалки, а также мешалки с двойным уплотнением и барьером для жидкости;

- сведение к минимуму количества фланцев (соединителей);

- эффективные прокладки;

- закрытые системы отбора проб;

- отвод загрязненных сточных вод в закрытых системах;

- комплекс вентиляционных отверстий.

Применяется внедрение эффективной программы измерения случайных потерь и ремонта, которая требует точного расчета компонентов и создания базы данных. В базе данных компоненты классифицируются с точки зрения типа, условий эксплуатации и технологического процесса, чтобы идентифицировать элементы с наибольшим

потенциалом непредвиденных потерь и облегчить применение стандартных отраслевых коэффициентов утечки. Оценка, полученная с применением стандартных коэффициентов, может привести к завышению общего объема неорганизованных выбросов с завода. Точная оценка получается, если доступные компоненты проверяются с помощью установленной методики (например, USEPA 21), которая идентифицирует источники как "утечку" или "отсутствие утечки" в соответствии с заданным пороговым уровнем. Процентное соотношение компонентов с утечкой по сравнению с компонентами без утечки применяется для повышения общей достоверности оценок временных потерь.

Точные результаты получаются при применении специальных корреляций, которые разработаны на основе набора сопоставимых установок.

Анализ больших объемов данных, получаемых с датчиков и систем мониторинга, позволяет выявлять скрытые потери и оптимизировать процессы.

Достигнутые экологические выгоды

Представленная техника обладает прямыми экологическими преимуществами, включая предотвращение и снижение эмиссий загрязняющего вещества "ЛОС", и других соединений.

Дополнительными потенциальными преимуществами являются сокращение объемов отходов и частичное снижение выбросов SO и NO_x на промышленных объектах.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Профилактическое обслуживание и контроль состояния насосов и уплотнений позволяют уменьшить частоту и продолжительность ремонтов.

Кросс-медиа эффекты

Отсутствуют.

Технические соображения, касающиеся применимости

Преимущественно применимо для всех процессов.

Заводы компании LyondellBasell внедрили программы управления эффективностью производства, включающих оценку скрытых потерь, позволило сократить время простоев оборудования на 10 %.

На предприятиях Borealis внедрен комплексный подход к оценке скрытых потерь, включающий использование датчиков и систем мониторинга для отслеживания утечек и неэффективного использования ресурсов, что сократило расходы на утилизацию отходов на 25 %.

Экономика

Стоимость программы временных измерений оценивается около 15,1 млн. тенге (≈ 30 000 евро) за одну линию исходя из годовой программы измерений, охватывающей

25 % всех фланцев плюс фланцы, отремонтированные в течение предыдущего года. (Стоимость может варьироваться в зависимости от типа технологического процесса и количества установленных фланцев).

На одном из заводов Borealis внедрение системы мониторинга состояния фланцев и уплотнений позволило сократить утечки на 70 % и снизить затраты на техническое обслуживание на 30 %. Экономия составила около 100 млн. тенге ($\approx 200\,000$ евро) в год.

На предприятии Dow Chemical внедрение программы предиктивного обслуживания насосов и уплотнений привело к снижению непредвиденных простоев на 50 % и экономии 75 млн. тенге ($\approx 150\,000$ евро) в год на ремонтах и замене оборудования.

На объектах BASF внедрение систем мониторинга и оценки скрытых потерь позволило сократить утечки сырья на 15 %, что привело к экономии около 500 000 долларов в год. Внедрение современных систем контроля утечек и мониторинга процессов позволило более точно управлять расходом материалов и предотвращать ненужные потери.

Движущая сила внедрения

Охрана окружающей среды и безопасности.

5.5.1.4. Насыщение эпоксидных групп

Описание

Насыщение эпоксидных групп в производстве полиолефинов используется для модификации свойств полимеров и создания функционализированных материалов. Технология применяется для улучшения адгезии, повышения стойкости к ультрафиолетовому излучению, увеличения химической стойкости.

Техническое описание

Основными этапами этого процесса являются:

1) насыщение эпоксидных групп происходит в реакторе периодического действия с перемешиванием путем добавления метакриловой кислоты к эпоксидной смоле. Эпоксидную смолу подают в реактор и повышают температуру до 115 °С. В реакционную смесь добавляют катализатор и ингибитор;

2) метакриловая кислота постепенно подается в реактор. Реакция является экзотермической и во время этой фазы температура массы поддерживается ниже 120 °С. Тепло реакции непрерывно отводится посредством циркуляции охлаждающей воды по змеевикам корпуса реактора.

АО "АЗП" (Российская Федерация) является крупным промышленным предприятием химической и нефтехимической промышленности. АО "АЗП" активно участвует в производстве полимерных материалов и внедряет передовые технологии, включая насыщение эпоксидными группами в своих процессах производства полимеров.

ООО "Полипласт Северо-Запад" (Российская Федерация) производит продукты на основе эпоксидных смол и использует методы насыщения эпоксидных групп для расширения ассортимента своей продукции.

Компания "Химтраст" (Российская Федерация) специализируется на производстве эпоксидных полимерных полов и других изделий на основе эпоксидных смол. Компания использует методы насыщения эпоксидных групп для улучшения свойств и эксплуатационных характеристик своих материалов.

Компания "Эпитал" (Российская Федерация) производит различные эпоксидные смолы, в том числе для вакуумной инфузии, намотки, пултрузии и т.д. В ассортименте компании представлены смолы с насыщенными эпоксидными группами, для многочисленных промышленных применений.

Достигнутые экологические выгоды

Процесс контролируется путем контроля кислотности реакционноспособной смеси и представляет собой реакцию добавления, а не конденсации. В качестве побочного продукта не образуется загрязненная реакционная вода.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Насыщение эпоксидных групп используется для создания полиолефинов с улучшенными адгезионными свойствами, что полезно при производстве многослойных упаковочных материалов. Полимеры используются для улучшения сцепления между различными слоями, обеспечивая целостность и долговечность упаковки.

Введение гидроксильных или карбоксильных групп через насыщение эпоксидных групп может увеличить химическую стойкость полиолефинов, что делает их пригодными для использования в агрессивных средах, трубы для химических веществ или контейнеры для агрессивных жидкостей.

Модификация полиолефинов путем насыщения эпоксидных групп помогает повысить стойкость материала к УФ-излучению, что продлевает срок службы изделий, эксплуатируемых на открытом воздухе, защитные покрытия, пленки для внешнего применения.

Отсутствие контроля приводит к чрезмерному полиприсоединению и образованию геля, что приведет к простоям процесса и, как следствие, к потерям сырья.

Компания Borealis применяет технологию насыщения эпоксидных групп для производства полиолефинов с улучшенными характеристиками для автомобильной промышленности. Улучшение адгезии полимеров к металлическим и пластиковым поверхностям, что повышает долговечность и надежность автомобильных деталей.

Кросс-медиа эффекты

Более устойчивые полимеры снижают потребность в частой замене и утилизации материалов и уменьшению объемов промышленных отходов.

Внедрение передовых технологий требует квалифицированного персонала для их разработки и эксплуатации, что способствует созданию новых рабочих мест.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо при производстве соответствующей продукции.

Насыщение эпоксидных групп проводится в присутствии кислотных или основных катализаторов, которые способствуют открытию эпоксидного кольца и образованию новых функциональных групп. Реакция проводится при различных температурах и давлениях в зависимости от желаемых свойств конечного продукта.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Требования к продукции.

5.5.2. Техники, направленные на предотвращение, сокращение образования и очистку сточных вод

5.5.2.1. Методы предотвращения и минимизации сбросов сточных вод

5.5.2.2. Методы биологической очистки сточных вод

Описание

Сточные воды при производстве полиэфира – это в основном реакционная вода. Эта вода обрабатывается либо на месте, либо снаружи.

Техническое описание

Внешним методом очистки реакционной воды является подача и транспортировка ее на установку биологической очистки сточных вод или в анаэробный варочный котел .

Достигнутые экологические выгоды

Уничтожение ЛОС и ХПК в целом из реакционной воды, отсутствие использования топлива, отсутствие выбросов в атмосферу. Использование анаэробных и аэробных реакторов позволяет снизить уровень органических загрязнителей на 80 – 90 %.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Биологическая очистка позволяет эффективно удалять органические загрязнители из сточных вод, что снижает объемы загрязненных отходов и затраты на их утилизацию. На предприятии Borealis (Финляндия) внедрение биологической очистки сточных вод позволило сократить расходы на утилизацию на 30 %, что составляет около 100 млн. тенге ($\approx 200\,000$ евро) в год.

Внедрение биологической очистки сточных вод позволяет снизить концентрацию органических загрязнителей на 85 %, что значительно сокращает объемы отходов и затраты на их утилизацию.

Кросс-медиа эффекты

Проблемы с запахом при транспортировке и в системе очистки сточных вод.

Технические соображения, касающиеся применимости

В зависимости от состава реакционной воды. Необходимо проверить биоразлагаемость.

Высокая концентрация загрязняющих веществ затрудняет биологическую очистку. Оптимальная температура и pH являются критическими для поддержания активности микроорганизмов в биологических реакторах. Необходима постоянная поддержка оптимальных условий для эффективного разложения органических веществ. Необходимо учитывать колебания нагрузки на биологические системы очистки. Внезапные изменения концентрации органических веществ или объемов сточных вод могут приводить к перегрузке системы и снижению ее эффективности.

Экономика

Очищенная вода может быть повторно использована в производственных процессах, что уменьшает потребность в свежей воде и снижает расходы на водоснабжение. На заводе Dow Chemical использование биологически очищенной воды для технологических нужд позволило сэкономить до 500 000 долларов в год на закупке свежей воды.

Биологические процессы очистки часто требуют меньше энергии по сравнению с физико-химическими методами, что снижает операционные расходы.

Движущая сила внедрения

Экологические и экономические причины.

5.5.2.3. Методы механической очистки сточных вод

Описание

Использование метода термического окисления на месте образования сточных вод.

Техническое описание

Комбинированное оборудование для сжигания жидких отходов и отходящего газа в настоящее время является наиболее распространенной технологией. Мусоросжигательные установки также используются для рекуперации тепла. Мусоросжигательная установка может рекуперировать энергию за счет выработки пара или горячего масла, которые используются для технологического нагрева.

Внешним методом очистки реакционной воды является подача или транспортировка ее на установку биологической очистки сточных вод.

Достигнутые экологические выгоды

Разрушение ЛОС и ХПК/ТОС в целом из реакционной воды. Механическая очистка снижает нагрузку на биологические и химические этапы очистки, уменьшая затраты на реагенты и энергию.

Внедрение механических сепараторов и центрифуг на заводе LyondellBasell в США позволило улучшить удаление твердых частиц и сократить объемы химических реагентов, необходимых для последующей очистки.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Рекуперация тепла, увеличение выбросов CO₂ и NO_x.

Технические соображения, касающиеся применимости

Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ. Рекомендуется проведение мониторинга.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна. Улучшение работы механических очистных сооружений увеличивает общую эффективность системы очистки сточных вод, снижая эксплуатационные расходы и увеличивая срок службы оборудования.

На заводе LyondellBasell модернизация механической очистки позволила сократить время простоя оборудования на 30 %, что привело к экономии до 75 000 долларов в год на ремонтных работах и обслуживании.

На одном из предприятий Borealis в Европе внедрение механических фильтров и решеток для предварительной очистки сточных вод позволило снизить затраты на последующие этапы очистки на 15 %, что привело к экономии до 120 000 долларов в год.

На одном из заводов Dow Chemical применение механических барабанных фильтров для предварительной очистки сточных вод позволило снизить концентрацию твердых частиц на 60 %, что уменьшило затраты на утилизацию и улучшило эффективность биологической очистки, приведя к экономии до 100 000 долларов в год.

Движущая сила внедрения

Экологические и экономические причины.

5.5.3. Техники, направленные на управление и сокращение воздействия технологических остатков и производственных отходов

5.5.3.1. Повторное использование отходов

Описание

При изготовлении изделий из реактопластов образуется значительное количество технологических отходов (до 20 %). Отличие реактопластов от термопластов заключается в образовании в процессе сшивания макромолекул трехмерной сетки, препятствующей переходу полимера в расплав при нагревании (или в раствор при растворении).

Реактопласты содержат небольшое количество несшитого полимера, что позволяет использовать измельченные отходы в качестве активного наполнителя, в качестве добавок в основное сырье и в другие композиции.

Техническое описание

Отходы реактопластов перерабатывают преимущественно в местах образования (сбор, измельчение и разделение по фракциям).

Вторичное использование термореактивных пластмасс существенно отличается от технологии применения отходов термопластов.

Отходы фенольных пресс-материалов с коротковолокнистыми или минеральными дисперсными наполнителями в виде заусенцев отформованных изделий, некондиционных таблеток, бракованных изделий и стружки измельчают на дробилках различного типа. Применение вибрационных мельниц позволяет получать частицы размером до Ш-80 мкм, что обеспечивает возможность при изготовлении некоторых деталей доводить содержание вторичных материалов в пресс-порошках до 20 %.

Измельченные отходы реактопластов не допускается использовать в качестве самостоятельного сырья. Изготовлении первичных деталей при нагревании до 150 – 200 °С связующие, входящие в их состав, перешли в неплавкое и нерастворимое состояние.

Технология переработки отходов реактопластов: фенольных пресс-порошков, включает следующие стадии:

- подготовку и сортировку сырья;

- дробление и измельчение некондиционных таблеток, заусенцев и бракованных изделий;

- смешение первичных пресс-порошков с 10 – 20 % измельченных отходов.

Собранные в цехе заусенцы и брак в бумажных крафт-мешках и иной технологической таре направляются в отделение вторичных пресс-порошков, где сортируются. Сортировку выполняют с целью очистки последних от посторонних примесей.

Малогабаритные изделия легко измельчаются в стандартных молотковых и зубчатых дробилках. Крупногабаритные изделия предварительно дробят в валковых дробилках. После предварительного дробления отходы измельчают в вибрационных мельницах, в загрузочный люк которых вмонтирован сильный магнит для удаления из измельчаемой массы случайно попавших туда металлических предметов. Измельченный материал классифицируют по крупности на ситах или других классификаторах. Крупный возвращается на доизмельчение, а мелкий поступает в смеситель, где смешивается в заданных пропорциях с первичным пресс-порошком. Из смесителя готовая смесь выгружается в бумажные крафт-мешки и подается на переработку.

В состав оборудования, используемого для изготовления вторичных фенольных пресс-порошков, входят: вибромельница с бункером, вентилятор, циклон и смеситель.

Вторичные фенольные пресс-порошки не используются для получения тех же изделий, которые изготавливаются из первичных, вследствие потенциального снижения физико-механических свойств изделий и ухудшения внешнего вида.

Особую сложность представляют отходы стеклопластиков, которые состоят из реактопластов и непрерывного стеклянного наполнителя в виде нитей или текстильной

основы. С целью разрушить стеклянный наполнитель, который является чрезвычайно прочным, требуются значительные затраты энергии.) К тому же его частицы обладают высокой абразивностью, что приводит к быстрому износу ударных органов измельчающего оборудования.

Для измельчения отходов стеклопластиков используются дезинтеграторы специальной конструкции, основным ударным органом которых являются пальцы двух роторов, вращающихся навстречу друг другу с высокой скоростью (более 120 м/с). За время пребывания в камере дезинтегратора, которое составляет всего 0,25 с, материал разрушается с образованием частиц размером несколько микрон, приобретая совершенно новые физико-химические свойства. Размер частиц органической части порошка-реактопласта, составляет 3 – 20 мкм. Частицы агрегируются в конгломераты размером до 100 мкм, имеющие сферическую форму. Стеклянные частицы сильно вытянуты, нитеобразны, отношение длины к диаметру такой частицы составляет 1,5 — 2,0 мкм.

Стеклопластиковые порошки называют ОМН. ОМН выполняет также функцию модификатора: наличие функциональных групп на поверхности частиц при нагревании наполнитель участвует в химическом взаимодействии с полимером. За счет этого ускоряется процесс образования трехмерной структуры, а полученные материалы приобретают высокие физико-механические свойства. Использование ОМН в качестве наполнителей в прессовочных композициях на основе реактопластов снижает время отверждения в 6 – 10 раз, повышает теплостойкость до 200 °С.

Используют ОМН и для изготовления полимерных покрытий и лакокрасочных. Покрытия имеют высокие декоративные свойства, повышенные физико-механические характеристики и высокую эксплуатационную долговечность.

Введение ОМН в клеевые композиции на основе эпоксидных смол позволяет повысить прочность при отрыве в 1,5 – 2 раза при склеивании титанового сплава и на 10 – 15 % при склеивании стали. Время отверждения клеевой композиции снижается с 24 до 4 часов.

Технология очистки выделяющихся газов, которые содержат галогены, NO, состоит из пяти ступеней: каталитического окисления, высокотемпературного сжигания углеводородов, восстановления NO_x посредством NH_3 , адсорбционной очистки и очистки на волокнистом фильтре.

Достигнутые экологические выгоды

Данная техника по повторному использованию отходов является важной частью стратегии устойчивого развития и охраны окружающей среды. Процесс, при котором отходы, вместо того чтобы быть утилизированы или захоронены, перерабатываются и снова используются в различных сферах и позволяет уменьшить объем отходов.

Экологические показатели и эксплуатационные данные

Для утилизации крупногабаритных изделий из стеклопластиков, органо- и углепластиков разработан способ, заключающийся в медленном нагреве изделия до 600 °С со скоростью 2 — 5 °С в 1 минуту без доступа воздуха, в результате которого происходит пиролиз органической части, разрушение композиционного материала, отделение металлических деталей. Получаемые активные угли используются в различных областях (включая производство на их основе сорбентов для медицины).

Кросс-медиа эффекты

Повторное использование отходов позволяет снизить затраты на покупку новых материалов. Использование регенерированных катализаторов или переработанных полимеров может сократить затраты на сырье до 20 – 30 %.

Уменьшение объемов отходов, требующих утилизации, снижает затраты на их обработку и транспортировку. На предприятиях Dow Chemical повторное использование углеводородов из сточных вод позволило сократить расходы на утилизацию на 25 %.

Использование регенерированных катализаторов на предприятиях LyondellBasell привело к снижению затрат на сырье на 20 % и уменьшению объема твердых отходов на 25 %.

На "Уфаоргсинтез" (Российская Федерация) внедрена система переработки полимерных отходов, что позволяет повторно использовать до 80 % отходов производства в технологическом процессе.

Технические соображения, касающиеся применимости

Применимо в зависимости от условий потребителя. Отходы используются в отраслях промышленности: в металлургии — для осветления проката, в промышленности стройматериалов — для производства изделий из гипса, в дорожном строительстве — при изготовлении асфальтобитумных смесей, для изготовления полимербетона, для устройства гидроизоляции промышленных сооружений. По сравнению с полимербетоном на основе минеральных наполнителей полимербетоны на основе отходов стеклопластиков имеют повышенную деформативность в холодное время года, и ускоренно отверждаются. Общий цикл перемешивания не превышает 15 минут. Время отверждения смеси при температуре воздуха 18 — 20 °С и влажности не более >0 % составляет 2 — 5 часов.

Экономика

В зависимости от применяемого метода в каждом конкретном случае стоимость техники индивидуальна.

Движущая сила внедрения

Экологические и экономические причины.

6. Заключение, содержащее выводы по наилучшим доступным техникам

Техники, перечисленные и описанные в настоящем разделе, не носят нормативный характер и не являются исчерпывающими. Могут использоваться другие техники,

обеспечивающие достижение уровней эмиссий и технологических показателей, связанных с применением НДТ, при нормальных условиях эксплуатации объекта с применением одной или нескольких НДТ, описанных в заключении по НДТ.

Технологические показатели, связанные с применением НДТ, определяются как диапазон уровней эмиссий, достигаемый при нормальных условиях эксплуатации объекта с применением одной и (или) комбинации НДТ.

В настоящем заключении по НДТ:

технологические показатели по выбросам в атмосферу выражаются как масса выбросов на объем отходящего газа при стандартных условиях (273,15 К, 101,3 кПа) за вычетом содержания водяного пара, выраженная в мг/Нм³;

при фактических значениях уровней эмиссий маркерных загрязняющих веществ ниже или в пределах диапазона указанных технологических показателей, связанных с применением НДТ, требования, определенные настоящим разделом, являются соблюденными.

Иные технологические показатели, связанные с применением НДТ, выражаются в количестве потребления ресурсов в расчете на единицу времени или единицу производимой продукции (товара), выполняемой работы, оказываемой услуги. Установление иных технологических показателей обусловлено применяемой технологией производства. Кроме того, в результате анализа потребления энергетических, водных и иных (сырьевых) ресурсов, проведенного в разделе "Общая информация", получен вариативный ряд показателей, который зависит от многих факторов: качественные показатели сырья, производительность и эксплуатационные характеристики установки, качественные показатели готовой продукции, климатические особенности регионов и иное.

Технологические показатели потребления ресурсов должны быть ориентированы на внедрение НДТ, прогрессивной технологии, повышение уровня организации производства, соответствовать наименьшим значениям (исходя из среднегодового значения потребления соответствующего ресурса) и отражать конструктивные, технологические и организационные мероприятия по экономии и рациональному потреблению.

Иные технологические показатели, связанные с применением НДТ, для соответствующего показателя и (или) отрасли определяются согласно действующим национальным нормативным правовым актам.

Для периодов усреднения применяются следующие определения (таблица 6.1.).

Таблица 6.1. Периоды усреднения уровней выбросов, связанных с НДТ

№ п/п	Периодичность	Выбросы
	Среднесуточное значение	Среднечасовые и получасовые значения концентраций

1		загрязняющих веществ за сутки при непрерывном контроле.
2	Среднее значение за период выборки	Средняя величина трех последовательных измерений, по длительности как минимум 30 минут каждое, если не указано иное. *

* для переменных потоков может использоваться другая процедура выборки, дающая репрезентативные результаты (например, точечный отбор проб). Для любого параметра, при котором, вследствие ограничений по отбору проб или анализа, 30-минутные измерения недопустимы, применяется соответствующий период отбора проб.

Если не указано иное, заключения по НДТ, представленные в настоящем разделе, являются общеприменимыми.

НДТ для конкретных процессов, указанные в разделах 6.2. – 6.3. применяются в дополнение к общим НДТ, приведенным в настоящем разделе.

6.1. Общие НДТ

6.1.1. Система экологического менеджмента

НДТ 1

В целях улучшения общей экологической эффективности НДТ заключается в реализации и соблюдении СЭМ, которая включает в себя все следующие функции:

1) заинтересованность и ответственность руководства, включая высшее руководство;

2) определение экологической политики, которая включает в себя постоянное совершенствование установки (производства) со стороны руководства;

3) планирование и реализация необходимых процедур, целей и задач в сочетании с финансовым планированием и инвестициями;

4) внедрение процедур, в которых особое внимание уделяется:

структуре и ответственности,

подбору кадров,

обучению, осведомленности и компетентности персонала,

коммуникации,

вовлечению сотрудников,

документации,

эффективному контролю технологического процесса,

программам технического обслуживания,

готовности к чрезвычайным ситуациям и ликвидации их последствий,

обеспечению соблюдения экологического законодательства;

5) проверка производительности и принятие корректирующих мер, при которых особое внимание уделяется мониторингу и измерениям, корректирующим и

предупреждающим мерам, ведению записей, независимому (при наличии возможности) внутреннему или внешнему аудиту для определения соответствия СЭМ запланированным мероприятиям, ее внедрению и реализации;

6) анализ СЭМ и ее соответствие современным требованиям, полноценности и эффективности со стороны высшего руководства;

7) отслеживание разработки экологически более чистых технологий;

8) анализ возможного влияния на окружающую среду при выводе установки из эксплуатации, на стадии проектирования нового завода и на протяжении всего срока его эксплуатации;

9) проведение сравнительного анализа по отрасли на регулярной основе.

Разработка и реализация плана мероприятий по неорганизованным выбросам и использование системы управления техническим обслуживанием, которая особенно касается эффективности систем снижения выбросов (см. к примеру, НДТ 8), также являются частью СЭМ.

Применимость

Объем и характер СЭМ, как правило, связаны с характером, масштабом и сложностью установки, а также уровнем воздействия на окружающую среду, которое она может оказывать.

6.1.2. Управление энергопотреблением, энергоэффективность

НДТ 2

НДТ является сокращение потребления энергии путем использования системы управления эффективным использованием энергии (внедрение и поддержание функционирования СЭНМ).

Описанные выше компоненты, применены ко всем объектам, входящим в область действия настоящего документа. Объем и характер СЭМ связаны со спецификой, масштабом и сложностью установки, а также с диапазоном воздействия на окружающую среду.

6.1.3. Мониторинг эмиссий

НДТ 3

НДТ заключается в измерении или оценке всех соответствующих параметров, необходимых для управления процессами из диспетчерских с помощью современных компьютерных систем с целью непрерывной корректировки и оптимизации процессов в режиме онлайн; для обеспечения стабильной и бесперебойной обработки, что повышает энергоэффективность и максимизацию выхода и для улучшения методов технического обслуживания.

НДТ 4

НДТ является измерение выбросов загрязняющих веществ от основных источников выбросов всех процессов, для которых указаны технологические показатели, связанные с применением НДТ.

Периодичность мониторинга может быть адаптирована, если серия данных четко демонстрирует стабильность процесса очистки.

Непрерывный мониторинг проводится посредством АСМ на организованных источниках согласно требованиям действующего законодательства Республики Казахстан.

Таблица 6.2. Процессы, параметры и период проведения мониторинга

№ п/п	Процесс	Параметр	Мониторинг, относящийся к:	Минимальная периодичность мониторинга *, **, ***, *****, *****	Примечание
1	Производство МТБЭ	МТБЭ	НДТ 17	Непрерывное	Маркерное вещество
2		Изобутилен	НДТ 17	Периодическое	В соответствии с программой ПЭК
3		Метанол	НДТ 17	Периодическое	В соответствии с программой ПЭК
4	Производство пропилена	Окислы азота	НДТ 18	Непрерывное	Маркерное вещество
5		Аммиак****	НДТ 18	Непрерывное	Маркерное вещество
6	Производство полипропилена	Пропилен****	НДТ 28	Непрерывное	Маркерное вещество
7	Производство эпоксидных смол	Углеводороды	НДТ 28	Периодическое	В соответствии с программой ПЭК

* при проведении непрерывных измерений пороговые значения выбросов считаются соблюденными, если оценка результатов измерений показывает, что нижеперечисленные условия соблюдены в календарном году:

1) допустимое среднемесячное значение не превышает соответствующих пороговых значений выбросов;

2) допустимое среднесуточное значение не превышает 110 % соответствующих пороговых значений выбросов;

3) 95 % всех допустимых среднечасовых значений за год не превышает 200 % соответствующих пороговых значений выбросов. При отсутствии непрерывных измерений пороговые значения выбросов считаются соблюденными, если результаты каждой серий измерений или иных процедур, определенных в соответствии с правилами, установленными компетентными органами, не превышают пороговых значений выбросов;

** частота мониторинга не применяется в случаях, когда установка эксплуатируется исключительно в целях измерения выбросов;

*** непрерывные измерения применимы для источников наибольших выбросов в атмосферу, т.е. согласно критериям стационарных организованных источников выбросов, подлежащих АСМ, предусмотренным порядком ведения АСМ эмиссий в окружающую среду при проведении производственного экологического контроля;

**** при наличии загрязняющего вещества в выбросах соответствующего производственного процесса;

*****при использовании аналогичного технологического оборудования, указанного в СНДТ "Переработка нефти и газа", применяются дополнительные соответствующие требования и технологические показатели, указанные в разделе 6 СНДТ "Переработка нефти и газа".

НДТ 5

НДТ является определение порядка величины неорганизованных выбросов из соответствующих источников с помощью методов:

прямые измерения, при которых выбросы измеряются у источника, возможно измерение или определение концентрации и массы;

косвенные измерения, при которых определение выбросов проводится на определенном расстоянии от источника;

использование расчетных методов с применением коэффициентов.

По возможности прямые методы измерения являются более предпочтительными, чем косвенные методы или оценки, основанные на расчетах с применением коэффициентов выбросов.

Примеры косвенных измерений включают использование индикаторных газов, методы моделирования обратной дисперсии и метод баланса масс с применением лазерной системы обнаружения и измерения дальности.

Расчетные методы используются на основании рекомендаций по применению коэффициентов выбросов, к примеру, для оценки неорганизованных выбросов при хранении и транспортировке материалов.

НДТ 6

НДТ заключается в проведении мониторинга сбросов загрязняющих веществ при наличии собственных очистных сооружений в соответствии с национальными и/или международными стандартами, регламентирующими предоставление данных эквивалентного качества.

6.1.4. Управление технологическим процессом

НДТ 7

НДТ заключается в оптимизации управления и контроля технологическим процессом, использовании, расширении и углублении производственно-технологических связей, в совместном использовании ресурсов – интеграции производственных процессов.

НДТ 8

НДТ заключается в автоматизации, мониторинге и улучшении производственных процессов с использованием цифровых технологий для повышения энергоэффективности посредством сокращения энергозатрат и снижения негативного воздействия на окружающую среду, оптимизации управления и контроля внутренних потоков материалов с целью предотвращения загрязнения, предотвращения износа, обеспечения надлежащего качества исходных материалов, возможности повторного использования и переработки, а также для повышения эффективности и оптимизации процесса.

6.1.5 Управление водными ресурсами

НДТ 9

НДТ заключается в использовании комплексной стратегии управления и очистки сточных вод, которая включает соответствующую комбинацию интегрированных в процесс методов, направленных на рациональное управление водными ресурсами; в предотвращении, сборе и разделении типов сточных вод; увеличении внутренней рециркуляции и использовании адекватной очистки для каждого конечного потока. Могут применяться следующие методы:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Отказ от использования питьевой воды для производственных линий.	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
2	Увеличение количества и/или мощности систем оборотного водоснабжения при строительстве новых заводов или модернизации/реконструкции действующих заводов.	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
3	Централизованное распределение поступающей воды.	Применимость может быть ограничена существующей конфигурацией водяных контуров
4	Повторное использование воды до тех пор, пока отдельные параметры не достигнут определенных пределов.	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
5	Использование воды в других установках, если затрагиваются только отдельные параметры воды и возможно дальнейшее использование.	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
6	Разделение очищенных и неочищенных сточных вод.	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

7	Использование ливневых вод.	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
---	-----------------------------	--

6.1.6 Управление отходами

НДТ 10

НДТ заключается в использовании интегрированных и операционных методов для минимизации отходов за счет внутреннего использования или применения специализированных процессов переработки (внутренних или внешних).

НДТ 11

НДТ заключается в максимальном внешнем использовании или переработке твердых отходов, которые не могут быть использованы или переработаны в соответствии с НДТ 10.

НДТ 12

НДТ заключается в использовании передовых методов эксплуатации и технического обслуживания для сбора, обработки, хранения и транспортировки всех твердых остатков, а также для укрытия пунктов передачи во избежание эмиссий.

6.1.7 Шум, вибрация, запах

НДТ 13

НДТ заключается в снижении уровня шума и вибрации от соответствующих источников в процессах производства органических веществ и полимеров путем использования одного или нескольких из следующих методов в зависимости от местных условий:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Реализация стратегии снижения шума.	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
2	Ограждение шумных операций/агрегатов.	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
3	Виброизоляция операций/агрегатов.	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
4	Внутренняя и внешняя обшивка из ударопоглощающего материала.	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
	Звукоизоляция зданий для защиты от любых "шумных" операций,	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим

5	связанных с оборудованием для преобразования материалов.	процессам согласно области применения справочника по НДТ.
6	Строительство стен для защиты от шума, например, строительство зданий или естественных барьеров, таких, как растущие деревья и кустарники между охраняемой территорией и "шумной" деятельностью.	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
7	Выпускные глушители на выхлопных трубах.	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
8	Воздуховоды и воздуходувки, расположенные в звукопроницаемых зданиях.	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
9	Закрытие дверей и окон крытых помещений.	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

НДТ 14

В целях снижения уровня запаха НДТ заключается в использовании одной или комбинации техник:

№ п/п	Техники	Применимость
1	Предотвращение или сведение к минимуму использования материалов с резким запахом	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
2	Сдерживание и устранение пахучих материалов и газов до их разветвления и разбавления.	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
3	Обработка материалов путем дожигания или фильтрации, если это возможно.	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

6.2. НДТ при производстве основных органических веществ

6.2.1. НДТ в области энергосбережения, ресурсосбережения

НДТ 15

НДТ заключается в использовании комбинации методов, представленных ниже, в целях повышения эффективности использования ресурсов при использовании катализаторов.

№ п/п	Техники	Применимость
	Выбор катализатора (каталитическая активность,	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим

1	селективность, срок службы, использование менее токсичных металлов).	процессам согласно области применения справочника по НДТ.
2	Защита катализатора (предварительная обработка сырья)	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
3	Оптимизация процесса (контроль условий реактора, например, температуры, давления для достижения оптимального баланса между эффективностью конверсии и сроком службы катализатора).	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
4	Мониторинг работы катализатора (мониторинг эффективности конверсии для обнаружения начала распада катализатора с использованием подходящих параметров, например, теплоты реакции и образования CO ₂ при реакциях частичного окисления.	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

НДТ 16

НДТ заключается в использовании тепла отходящих, реакционных и контактных газов в химической промышленности. Нижеперечисленные методы позволяют эффективно использовать высокотемпературные газы, которые возникают в результате различных процессов, таких, как сжигание, реакции или контакт с катализаторами.

№ п/п	Техники	Применимость
1	Сбор тепла отходящих газов	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
2	Теплообмен через теплообменники	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
3	Рекуперация тепла	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
4	Интеграция процессов	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
5	Мониторинг и управление	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

6.2.2. НДТ по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух

6.2.2.1. Выбросы углеводородов

НДТ 17

НДТ состоит в использовании одного из методов, представленных ниже, или их комбинации и направлена на сокращение выбросов в атмосферный воздух.

№ п/п	Техники	Применимость
1	Система сбора отходящих газов	Применимо
2	Специальная система сбора неорганизованных выбросов	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
3	Обнаружение утечек и последующий ремонт/устранение	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
4	Конденсация	Может быть ограничена наличием охлаждающей жидкости, может зависеть от уровня интеграции и оптимизации системы охлаждения на объекте.
5	Адсорбция	Применимо к потокам отходов с низкой концентрацией загрязняющих веществ.

Таблица 6.3. Технологические показатели выбросов МТБЭ при производстве МТБЭ

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)*
1	МТБЭ	0,01-1,7

* среднесуточное значение или среднее значение за период выборки.

6.2.2.2. Выбросы NOx, NH₃

НДТ 18

НДТ заключается в снижении выбросов NOx при производстве пропилена за счет использования одного или комбинации следующих методов:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Выбор топлива	Может быть ограничено конструкцией горелок.
2	Позатопное/ступенчатое сжигание	Может быть ограничено из-за нехватки места.
3	Рециркуляция отходящих газов	Применимо к новым установкам.
4	Использование горелок с низким или сверхнизким содержанием NOx	Может быть ограничено конструкцией существующих технологических печей/нагревателей.
5	СКВ	Может быть ограничено из-за нехватки места, видом используемого топлива.

Таблица 6.4. Технологические показатели выбросов NO_x при производстве пропилена:

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)*
1	NO_x	60 – 100**

* среднесуточное значение или среднее значение за период выборки;

** для действующих установок 60 – 200 мг/Нм³.

Таблица 6.5. Технологические показатели выбросов NH_3 при производстве пропилена:

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)*
1	NH_3	5 – 15**

* среднесуточное значение или среднее значение за период выборки;

** при использовании метода СКВ.

6.2.2.3. Выбросы СО

НДТ 19

НДТ заключается в снижении выбросов СО при производстве пропилена за счет применения катализаторов.

6.2.3. НДТ, направленные на предотвращение и сокращение образования сточных вод

НДТ 20

НДТ состоит в применении методов организационного характера, направленных на соблюдение требований, предъявляемых к качеству сточных вод, передаваемых сторонней организации.

НДТ 21

НДТ заключается в очистке сточных вод на эксплуатируемых очистных сооружениях в целях доведения до соответствующего качества перед передачей на очистные сооружения сторонних организаций.

НДТ 22

НДТ состоит в использовании одного или комбинации следующих методов и направлена на снижение концентраций загрязняющих веществ в сточных водах.

№ п/п	Техники	Применимость
1	Отстаивание/осаждение	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
2	Фильтрация	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

3	Выпаривание	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
4	Разделение фаз с помощью водонефтяных сепараторов	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
5	Использование гидроциклона	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

6.2.4. НДТ, направленные на сокращение воздействия технологических остатков и производственных отходов

НДТ 23

НДТ заключается в регенерации остатков (отработанные катализаторы и адсорбенты), с использованием термической или химической обработки, позволяющей повторно использовать их в технологическом процессе.

6.3 НДТ при производстве полимеров

6.3.1. НДТ в области энергосбережения, ресурсосбережения

НДТ 24

НДТ заключается в использовании комбинации методов, представленных ниже, в целях повышения эффективности использования ресурсов при использовании катализаторов.

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3
1	Выбор катализатора (каталитическая активность, селективность, срок службы, использование менее токсичных металлов).	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
2	Защита катализатора (предварительная обработка сырья)	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
3	Оптимизация процесса (контроль условий реактора, например, температуры, давления для достижения оптимального баланса между эффективностью конверсии и сроком службы катализатора).	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
4	Мониторинг работы катализатора (мониторинг эффективности конверсии для обнаружения начала распада катализатора с использованием подходящих	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим

параметров, например, теплоты реакции и образования CO ₂ при реакций частичного окисления).	процессам согласно области применения справочника по НДТ.
--	---

НДТ 25

НДТ заключается в использовании тепла отходящих, реакционных и контактных газов в химической промышленности. Нижеперечисленные методы позволяют эффективно использовать высокотемпературные газы, которые возникают в результате различных процессов, таких, как сжигание, реакции или контакт с катализаторами.

№ п/п	Техники	Применимость
1	Сбор тепла отходящих газов	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
2	Теплообмен через теплообменники	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
3	Рекуперация тепла	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
4	Интеграция процессов	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
5	Мониторинг и управление	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

НДТ 26

НДТ для оптимизации процесса производства полимеров состоит в использование шестеренчатого насоса в сочетании с экструдером.

НДТ 27

НДТ заключается в применении методов утилизации тепла экзотермической реакции путем выработки пара низкого давления.

6.3.2. НДТ по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух

НДТ 28

НДТ состоит в использовании одного из методов, представленных ниже, или их комбинаций и направлена на сокращение выбросов от неорганизованных и организованных источников.

К методам сокращения выбросов от неорганизованных источников относятся:

№ п/п	Техники	Применимость
1	2	3

1	Использование клапанов с сильфонным или двойным уплотнением.	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
2	Насосы с магнитным приводом или герметичные насосы, а также насосы с двойным уплотнением и жидкостным барьером.	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
3	Компрессоры с магнитным приводом или герметичные компрессоры, а также компрессоры с двойным уплотнением и барьером для жидкости.	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
4	Мешалки с магнитным приводом или герметичные мешалки, а также мешалки с двойным уплотнением и барьером для жидкости.	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
5	Сведение к минимуму количества фланцев (соединителей).	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
6	Эффективные прокладки.	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
7	Закрытые системы отбора проб.	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
8	Комплекс вентиляционных отверстий.	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
9	Сведение к минимуму остановок и пусков установок.	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
10	Профилактическое обслуживание и контроль.	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.
11	Мониторинг работы оборудования.	Общеприменимо к видам деятельности и технологическим процессам согласно области применения справочника по НДТ.

К методам сокращения выбросов от организованных источников относятся методы термического и каталитического сжигания для удаления ЛОС при продувке воздухом, поступающим из секции доводки и вентиляционных отверстий реактора.

Таблица 6.6. Технологические показатели выбросов пропилена при производстве полипропилена:

№ п/п	Параметр	НДТ-ТП (мг/Нм ³)*
1	Пропилен	1- 46

* среднесуточное значение или среднее значение за период выборки.

НДТ 29

НДТ состоит в минимизации выбросов в факельных установках при использовании высокоэффективных наконечников для сжигания, для подачи пара, для подавления образования дыма.

6.3.3. НДТ, направленные на предотвращение и сокращение образования сточных вод

НДТ 30

НДТ заключается в принятии организационных и технических мер, направленных на минимизацию и максимально возможное повторное использование сточных вод.

При необходимости очистки до определенных показателей перед передачей сторонним организациям могут быть использованы методы очистки сточных вод, включая, но не ограничиваясь: биообработка, денитрификация, дефосфатирование, осаждение, флотация.

6.3.4. НДТ, направленные на сокращение воздействия технологических остатков и производственных отходов

НДТ 31

НДТ заключается в принятии соответствующих мер, интегрированных в технологический процесс, в целях предотвращения или уменьшения количества отходов.

6.4. Требования по ремедиации

Основным фактором воздействия на атмосферный воздух при производстве основных органических химических веществ и полимеров являются выбросы загрязняющих веществ, возникающие в результате эксплуатации неорганизованных и организованных источников выбросов.

Величина воздействия деятельности производственных объектов на грунтовые и подземные воды зависит от объема водопотребления. Качественный состав сточных вод обусловлен составом вод, используемых на водоснабжение предприятия, составом используемого сырья, спецификой технологических процессов, составом промежуточных продуктов либо составом готовых продуктов существующих систем очистки сточных вод.

Образующиеся в результате производственных и технологических процессов отходы могут передаваться на утилизацию/переработку сторонним организациям на договорной основе, частично используются для собственных нужд при возвращении в производство.

Согласно Экологическому кодексу Республики Казахстан под ремедиацией признается комплекс мероприятий по устранению экологического ущерба посредством восстановления, воспроизводства компонента природной среды, которому был причинен экологический ущерб, или, если экологический ущерб является полностью или частично непоправимым, замещения такого компонента природной среды.

В результате деятельности предприятий по производству основных органических химических веществ следующие негативные последствия наступают в результате загрязнения атмосферного воздуха и дальнейшего перехода загрязняющих веществ из одного компонента природной среды в другую:

загрязнение земель и почв в результате осаждения загрязняющих веществ из атмосферного воздуха на поверхность почв и дальнейшая их инфильтрация в поверхностные и подземные воды;

воздействие на животный и растительный мир.

При обнаружении фактов экологического ущерба компонентам природной среды по результатам производственного и (или) государственного экологического контроля, причиненного в результате антропогенного воздействия, и при закрытии и (или) ликвидации последствий деятельности, необходимо провести оценку изменения состояния компонентов природной среды в отношении состояния, установленного в базовом отчете, или эталонного участка.

Лицо, действия или деятельность которого причинили экологический ущерб, должно предпринять соответствующие меры для устранения такого ущерба, чтобы восстановить состояние участка, следуя нормам Экологического кодекса Республики Казахстан (ст. 131 – 141 раздела 5) и Методическим рекомендациям по разработке программы ремедиации.

Помимо того, лицо, действия или деятельность которого причинили экологический ущерб, должно принять необходимые меры для удаления, сдерживания или сокращения эмиссий соответствующих загрязняющих веществ, также для контрольного мониторинга в сроки и периодичность, для того чтобы, с учетом их текущего или будущего утвержденного целевого назначения участок больше не создавал значительного риска для здоровья человека, и ущерб от действий или деятельности лица не причинял в отношении окружающей среды из-за загрязнения компонентов природной среды.

7. Перспективные техники

7.1. Использование возобновляемых источников энергии

Интеграция возобновляемых источников энергии (ВИЭ) для нужд основных и вспомогательных технологических процессов при производстве органических химических веществ и полимеров используется весьма эффективно.

Интеграция возобновляемых источников энергии в химическую промышленность требует тщательного проектирования и технической настройки, чтобы обеспечить

устойчивое и энергоэффективное энергоснабжение производственных процессов. Ниже представлено техническое описание основных процессов интеграции ВИЭ:

1) определение потребности:

анализ энергопотребления: оценка общего энергопотребления и идентификация ключевых производственных процессов, требующих электроэнергии и тепла;

разработка энергетических моделей: моделирование энергетических потоков в производственных процессах для определения оптимальных точек внедрения ВИЭ;

2) выбор технологии ВИЭ:

фотоэлектрические солнечные системы: размещение солнечных панелей для генерации электроэнергии, используемой в технологических процессах;

ветрогенераторы: установка ветрогенераторов для использования ветровой энергии;

тепловые коллекторы: использование солнечной энергии для производства тепла;

3) интеграция солнечной энергии:

установка солнечных панелей: размещение солнечных панелей на крышах зданий, цехов, площадках или вблизи производственных цехов;

инверторы: использование инверторов для преобразования постоянного тока, производимого солнечными панелями, в переменный ток, совместимый с электрооборудованием;

4) интеграция ветровой энергии:

размещение ветрогенераторов: выбор оптимальных местоположений для установки ветрогенераторов с учетом скорости ветра и ландшафта;

трансформаторы: преобразование электроэнергии, произведенной ветрогенераторами, в напряжение, необходимое для производственных нужд;

5) системы хранения и управления:

батарейные хранилища: введение систем хранения энергии, таких, как литий-ионные батареи, для временного хранения избыточной энергии;

управление нагрузкой: разработка систем управления, которые оптимизируют распределение энергии и управляют нагрузкой в зависимости от возобновляемых источников;

6) обучение персонала: обучение персонала по обслуживанию, мониторингу и управлению системами ВИЭ.

Внедрение ВИЭ сокращает общий экологический отпечаток производства химических товаров, поскольку чистая энергия уменьшает влияние производства на окружающую среду. Использование ВИЭ снижает зависимость от источников энергии, основанных на ископаемых топливах (уголь, нефть, газ), что приводит к сокращению выбросов парниковых газов, таких, как диоксид углерода (CO_2) и метан.

Основные экологические и эксплуатационные критерии, которые могут быть измерены и анализированы:

снижение показателей удельного потребления электрической энергии на производство единицы химической продукции;

измерение общей энергоэффективности производственных процессов, сравнение данных до и после внедрения ВИЭ;

оценка эффективности систем управления энергопотреблением, включая динамическое распределение нагрузки и оптимизацию работы оборудования;

проведение анализа данных по генерации энергии с учетом планируемых показателей для нужд основных и вспомогательных технологических процессов;

переход к "чистой" энергии помогает сократить выбросы вредных веществ, таких, как оксиды азота (NO_x) и диоксид серы (SO_2), что положительно влияет на качество воздуха в окружающих районах.

Эти экологические и эксплуатационные выгоды могут быть измерены с использованием различных экологических индикаторов, таких, как уровень выбросов CO_2 , расход воды, использование природных ресурсов, которые являются частью системы управления окружающей средой предприятия и могут использоваться для дальнейшего совершенствования систем и процессов в химической промышленности.

Применение ВИЭ оптимизирует решения для электроснабжения во всех отраслях экономики и может быть эффективным и выгодным, в том числе для химической промышленности.

Внедрение ВИЭ на предприятиях химической отрасли может быть экономически обоснованным и привести к различным экономическим выгодам. Стоимость объекта ВИЭ мощностью 1 МВт значительно различается в зависимости от типа ВИЭ, региона, условий установки, использованных технологий и других факторов. По усредненным экспертным оценкам ниже приведены примерные диапазоны стоимости для различных типов возобновляемых источников энергии:

для фотовольтаических систем (солнечная энергия) стоимость составляет около 402,7 млн. тенге ($\approx 800\,000$ долларов США) за 1 МВт установленной мощности. Это значение может изменяться в зависимости от типа солнечных панелей, технологий хранения энергии, инфраструктуры и местоположения;

установка ветрогенераторов составляет около 500 млн. тенге (≈ 1 млн. долларов США) за 1 МВт установленной мощности. Стоимость зависит от местоположения, высоты башни и дизайна ветрогенератора.

В целом, экономическая оценка внедрения ВИЭ учитывает индивидуальные условия предприятия, региональные особенности и конкретные технологические потребности. Планирование, анализ затрат и выгод, а также учет долгосрочных выгод могут способствовать успешному внедрению ВИЭ в химической промышленности.

7.2. Окисление пропилена гидропероксидом кумола

Процесс основан на эпексидировании пропилена гидропероксидом кумола. Технология коммерчески разработана.

Разработанная технология получения пропиленоксида без сопутствующих продуктов, с использованием в качестве эпексидирующего агента ГПК. ГПК получают окислением кумола воздухом. В результате эпексидирования пропилена в присутствии высокоактивного Ti-содержащего катализатора образуются пропиленоксид и кумиловый спирт (диметилфенилкрбинол). Образующийся кумиловый спирт гидрируют до кумола, который возвращают на стадию получения ГПК.

7.3. Окисление пероксидом водорода

Общая технологическая схема процесса окисления пропилена пероксидом водорода представлена на рис. 7.1.

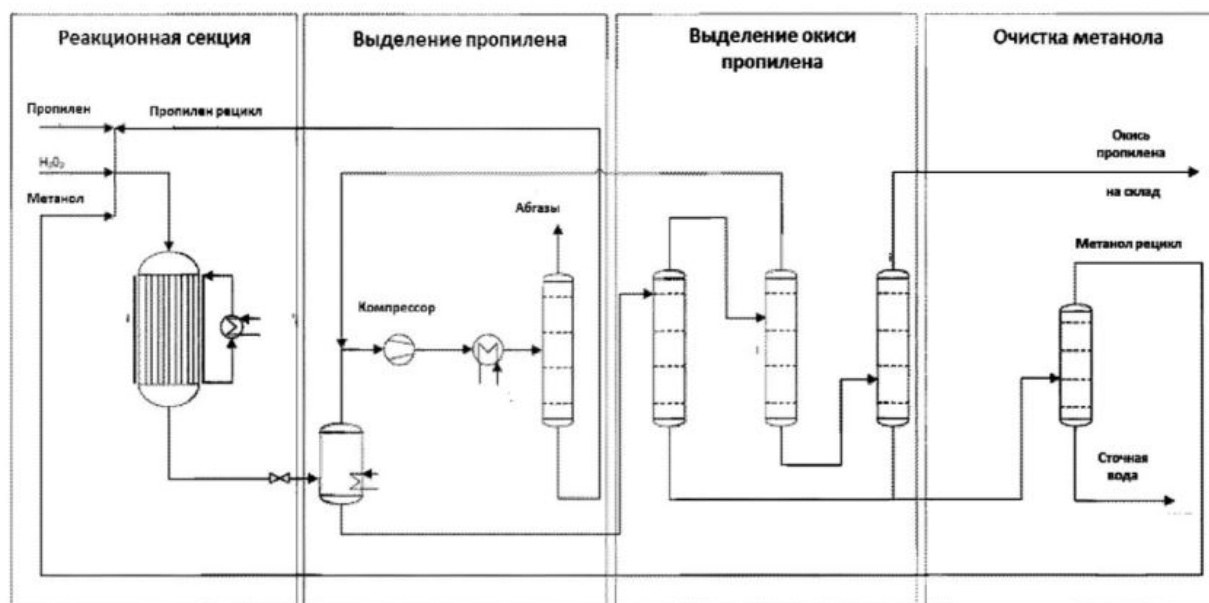


Рисунок 7.1. Принципиальная технологическая схема получения оксида пропилена пероксидом водорода

В данной технологии в качестве окислителя используется пероксид водорода с концентрацией 50 – 70 % мас.

Реакция пропилена и пероксида водорода протекает в водно-метанольной смеси с использованием реактора со стационарным слоем титано-силикалитного катализатора (типа TS-1). Процесс характеризуется мягкими условиями протекания с температурой ниже 100 °С, что обеспечивает минимальное образование побочных продуктов, и давлением около 30 бар.

Тепло, выделяющееся при высокоэкзотермичной реакции, утилизируется за счет использования интегрированной системы охлаждения обратной водой. Продуктовая смесь, содержащая в основном СНОН, воду, окись пропилена и непрореагировавший пропилен, после реактора поступает в сепаратор, где разделяется на два потока.

Обогащенная пропиленом газовая фаза смешивается с возвратным потоком из колонны очистки окиси пропилена от легкокипящих продуктов, компримируется до давления более 30 бар, охлаждается и поступает в колонну выделения пропилена-рецикла. Абгазы с верха колонны направляются в топливную сеть, кубовый продукт – пропиленрецикл – возвращается в реактор окисления.

Жидкая фаза из сепаратора поступает в секцию очистки окиси пропилена.

В колонне предректификации происходит отгонка окиси пропилена с растворенным пропиленом от воднометанольной смеси. Поток с верха колонны направляется в СЗ стриппер, где происходит отделение оставшихся легких углеводородов от окиси пропилена. Углеводороды поступают на компрессоры, а окись пропилена-сырца – в колонну очистки товарного продукта. Очищенная окись пропилена выводится на склад, кубовый продукт смешивается с кубовым продуктом колонны предректификации и направляется в колонну выделения метанола-рецикла. С верха колонны очищенный СНОН направляется на смешение со свежим метанолом для приготовления реакционной шихты, сточные воды из куба колонны выводятся на узел очистки.

Усредненные нормы расхода используемого сырья, основных материалов и энергоресурсов на 1 тонну приведены в табл. 7.1.

Таблица. 7.1. Показатели потребления сырья и энергоресурсов при производстве окиси пропилена.

№ п/п	Нормы расхода сырья и вспомогательных материалов		
1	Пропилен	кг/т	800
2	Пероксид водорода	кг/т	685
3	Электроэнергия	кВт*ч/т	1054
4	Пар	т/т	9,5
5	Оборотная вода	м3/т	540

7.4. Использование современных каталитических систем при производстве полипропилена

Полипропилен до сих пор относится к динамично развивающимся полимерам. Появление "безрастворных" технологий (в среде жидкого мономера и в газовой фазе) в совокупности с теплофизическими свойствами самого полимера (возможность стерилизации) открыло широкие возможности для применения в медицинских целях (шприцы, емкости для хранения растворов, средства гигиены и т.д.) с сохранением традиционных областей применения, как пленочная упаковка, трубы горячего и холодного водоснабжения, автомобилестроение и т.д.

Как при с полиэтиленом, узкая специализация полипропилена за счет синтеза специальных марок обуславливает снижение популярности относительно крупных мощностей и появление интереса к относительно небольшим установкам, позволяющим достичь уникального качества продукции посредством применения современных катализаторов, и прогрессивных технологических решений.

В дальнейшем разработка новых аналогичных процессов, позволяющих получать гетерофазные полимеры непосредственно в реакторах сополимеризации.

Мировые тенденции способствуют значительному увеличению выработки полипропилена за счет вытеснения других пластиков, прежде всего полистирола и ПВХ, из-за экологических характеристик при производстве и утилизации отходов.

В настоящее время при производстве ПП самым распространенным способом является полимеризация пропилена суспензионным методом в петлевом реакторе в жидком пропилене. Появление и дальнейшее совершенствование катализаторов IV поколения повысило энергоэффективность и снизило прямые производственные затраты ранее внедренных суспензионных процессов. Появление высокоэффективных каталитических систем IV поколения с активностью более 20 кг полипропилена на 1 г катализатора (кг/г) позволило разработать упрощенный процесс полимеризации в жидком мономере (пропилене).

Технологический процесс производства полипропилена позволяет получать широкий ассортимент полипропилена и стат-сополимеров и блок-сополимеров с этиленом и бутеном. Процесс суспензионной полимеризации пропилена при низком давлении протекает по анионно-координационному механизму.

Работы по усовершенствованию процессов производства полипропилена направлены на решение трех следующих крупных проблем:

получение высокоэффективных катализаторов, обеспечивающих интенсификацию процессов производства полипропилена и упрощение технологической схемы, в частности, исключение или сокращение трудоемких стадий очистки полимера от остатка катализатора и регенерации промывной жидкости;

расширение марочного ассортимента за счет использования высокоэффективных модифицированных катализаторов, а также сополимеризации пропилена с другими мономерами;

снижение разброса показателя текучести расплава. Полипропилен с узким разбросом показателя текучести расплава предоставляет возможность переработчикам выпускать продукцию с меньшими затратами и лучшим качеством.

Перспективными являются марки, характеризующиеся узким молекулярномассовым распределением и предназначенные для изготовления нетканых материалов по технологии спанбонд. Производство минирандомных марок, особенностью которых является то, что они представляют собой полипропилен с небольшим содержанием этилена (минирандом) и предназначены для выпуска БОПП-пленок на высокоскоростных линиях (более 400 м/мин). Производство высокоиндексных марок, которые используются при изготовлении нетканых материалов и литевых изделий, направлено на применение в строительстве,

упаковочной промышленности, в производстве мебели и медицинских изделий. Разработка рецептур и технологий производства марок полипропилена, предназначенных для производства нетканых материалов по технологии Meltblown.

При производстве полипропилена развивается использование металлоценовых катализаторов. Металлоценовые катализаторы станут следующим поколением катализаторов.

Новые свойства таких продуктов:

более низкая температура плавления;

добавление новых сомономеров, таких, как гексен-1;

более высокая прозрачность продукции на выходе из реактора;

возможность получения необходимых свойств уже в реакторе (например, более высокого уровня текучести расплава) без использования контроля над реологическими свойствами.

Использование современных каталитических систем позволяет существенно расширить марочный ассортимент продукции.

7.5. Очистка промышленных газовых выбросов от органических кислородосодержащих соединений

Способ очистки промышленных газовых выбросов от органических кислородсодержащих соединений осуществляется путем пропускания их через гопкалитовый катализатор при повышенной температуре, причем процесс проводят при 50 – 135 °С с использованием гопкалитового катализатора, содержащего 0,05 – 2,0 % оксида калия. Использование данного изобретения приводит к уменьшению энергозатрат и исключает возможность образования окислов азота [38].

При выборе способа обезвреживания газовых выбросов большое значение имеет содержание вредных органических веществ: СНОН, подлежащих удалению. При содержании примесей более 0,5 – 1,0 об. % можно реализовать адиабатический режим окисления, не требующий постоянного подвода тепла извне.

При содержании органических примесей менее 0,05 об. % неизбежен изотермический режим, при котором приходится подводить тепло в больших или меньших количествах.

Недостатком данного метода является необходимость нагрева газовых потоков до высокой температуры и использование драгоценных металлов.

Известны способы очистки газовых выбросов летучих органических соединений при низких температурах, на катализаторах, содержащих платину, палладий и другие редкие и дорогостоящие металлы в количестве до 22 %. В этом случае гарантируется практически полная конверсия метанола. Недостаток этого способа – исключительно высокая стоимость катализаторов.

Предлагаемый способ заключается в повышении активности гопкалитового катализатора в процессе очистки отходящих газов промышленных процессов от СНОН, СНОН и других летучих кислородсодержащих органических соединений при более низкой температуре.

Указанная цель достигается путем пропускания промышленных газовых выбросов, включающих кислородсодержащие органические соединения, через гопкалитовый катализатор, содержащий дополнительно оксид калия в количестве 0,05 – 2,0 % от массы катализатора, при температуре 50 – 135 °С. Оксид калия вводится в состав катализатора или на стадии получения массы (пасты) по известному способу путем смешения диоксида марганца и оксида меди со связующим, формования гранул, сушки, дробления и термообработки полученных гранул катализатора или в составе сырьевых продуктов, используемых при приготовлении катализатора.

Предлагаемый процесс применим в общем ко всем летучим кислородсодержащим органическим соединениям, вещества, которые предпочтительно удаляются данным методом это: простые эфиры с числом атомов углерода от 2 до 8, спирты с числом атомов углерода от 1 до 8, альдегиды с числом атомов углерода от 1 до 9, кетоны с числом атомов углерода от 3 до 9, сложные эфиры с числом атомов углерода от 2 до 7. Данный процесс применим для очистки газовых выбросов процессов синтеза органических соединений, в частности, производства фенола.

Существенным отличительным признаком предложенного способа очистки промышленных газовых выбросов является использование гопкалитового катализатора, содержащего 0,05 – 2,0 % оксида калия, и проведение процесса при температуре 50 – 135 °С.

7.6. Очистка сточных вод от метанола

В метанолсодержащие сточные воды вводят при перемешивании NaNO и HCl. Образующийся метилнитрит направляют на абсорбцию. Насыщенный раствор абсорбента подают в ректификационную колонну для регенерации метанола. Кубовый остаток после регенерации СНОН нейтрализуют и направляют в начало процесса очистки воды от метанола [39].

Очистку сточных вод от метанола проводят введением в воду NaNO при мольном соотношении к метанолу, равном 1,01 – 1,15, и соляной кислоты при мольном соотношении к нитриту натрия, равном 1,00 – 1,05. Для абсорбции метилнитрита используют 18 – 26 масс.% раствора гидроксида натрия, а абсорбцию метилнитрита проводят при температуре 3 – 55 °С до насыщения абсорбента. Регенерацию СНОН осуществляют ректификацией раствора после абсорбции метилнитрита, а кубовый остаток после регенерации СНОН, содержащий NaNO, возвращают в начало процесса очистки метанолсодержащих сточных вод.

Метилнитрит за счет низкой температуры кипения (– 12 °С) легко удаляется из воды и переходит в газовую фазу, благодаря чему вода очищается от метанола до

концентраций, не превышающих ПДК. Метилнитрит поглощается раствором гидроксида натрия (абсорбент) и подвергается щелочному гидролизу.

Разница в физико-химических свойствах компонентов насыщенного раствора абсорбента позволяет выделить метанол с помощью ректификации. Нитрит натрия при этом, не претерпевая химических превращений, остается в растворе и возвращается в начало процесса очистки. Использование позволяет очистить воду от метанола до значений ПДК и регенерировать как метанол, так и нитрит натрия для вторичного использования.

Введение нитрита натрия в мольном его отношении к метанолу ниже 1,01 не обеспечивает очистку вод от метанола до необходимого уровня, а при мольном отношении выше 1,15 увеличивается расход реагента. Введение соляной кислоты в мольном ее отношении к нитриту натрия менее 1,00 также не обеспечивает необходимой степени очистки, а при увеличении мольного отношения более 1,05 повышается расход кислоты.

Повышение концентрации гидроксида натрия в растворе абсорбента более 26 масс. % приводит к выделению в осадок нитрита натрия и увеличению потерь метанола, а снижение концентрации щелочи менее 18 масс.% – к снижению емкости абсорбента по метанолу, что в свою очередь приводит к ухудшению технологических показателей процесса регенерации метанола и увеличению объема кубового остатка. Возврат кубового остатка после регенерации метанола, содержащего нитрит натрия, в производство обеспечивает снижение расхода реагентов.

При повышении температуры абсорбции метилнитрита более 55 °С или ее снижении менее 3 °С уменьшается сорбционная емкость абсорбента и увеличиваются потери метанола.

7.7. Использование микро- и нанореакторов для проведения полимеризации

Микро- и нанореакторы обеспечивают более эффективное использование энергии и сырья, а также улучшают качество конечного продукта.

Микро- и нанореакторы имеют гораздо меньший объем по сравнению с традиционными реакторами. Это позволяет более точно контролировать параметры реакции, такие, как температуру, давление и концентрацию реагентов. Микрореакторы могут иметь объем от нескольких микролитров до нескольких миллилитров, что обеспечивает быстрый теплообмен и эффективное удаление тепла.

Малый объем реакторов позволяет снизить риск неконтролируемых реакций и аварийных ситуаций. Также это облегчает контроль над процессом полимеризации. При экзотермической реакции в микрореакторе выделение тепла может быть быстро и эффективно управляемо, что снижает риск перегрева.

Большая площадь поверхности к объему, микро- и нанореакторы обеспечивают эффективный массо- и теплообмен, что позволяет достичь высокой степени однородности реакции. Для реакций полимеризации, где равномерное распределение

температуры и концентрации реагентов критично для получения полимеров с заданными свойствами.

Полимеризация в растворе в микро- и нанореакторах позволяет достичь высокой однородности продукта и минимизировать побочные реакции. Полимеризация стирола в микрореакторе приводит к получению полистирола с узким распределением молекулярной массы.

Использование микро- и нанореакторов для эмульсионной полимеризации позволяет контролировать размер частиц и их распределение. В производстве полиэтилена или полипропилена использование нанореакторов позволяет получить наночастицы с контролируемыми размерами и свойствами.

Процессы, проводимые в микро- и нанореакторах, легко масштабируются за счет параллельного использования множества микрореакторов.

7.8. Инновационные методы полимеризации

Использование новых методов полимеризации: суперкритические флюиды или полимеризация в условиях ультразвука, позволяет снизить энергоемкость процессов.

Эти методы могут проводиться при более низких температурах и давлениях, что снижает энергозатраты и уменьшает углеродный след.

Полимеризация в условиях суперкритических флюидов, как CO_2 , позволяет проводить реакции при высоких давлениях и умеренных температурах, обеспечивая высокую растворимость мономеров и контроль за процессом. Примеры флюидов: CO_2 , этан, пропан.

Экологическая чистота процесса (использование CO_2 вместо традиционных органических растворителей).

Высокая скорость и селективность реакций. Возможность регулирования параметров реакции за счет изменения давления и температуры.

Ультразвуковая полимеризация использует ультразвуковые волны для инициирования и ускорения реакции полимеризации. Это позволяет проводить реакции при более низких температурах и с высокой скоростью.

Механизм: ультразвук вызывает кавитацию в растворе, что приводит к образованию радикалов и ускорению реакции.

Преимущества: снижение температурных и временных затрат на полимеризацию. Улучшение свойств полимеров за счет более равномерного распределения молекулярной массы. Возможность проведения полимеризации в водных растворах и при низких концентрациях мономеров.

7.9. Химическая переработка отходов производства полиолефинов

К инновационным методам химической переработки отходов производства полиолефинов относятся гидролиз, гликолиз и метанолиз.

Гидролиз включает разложение полимеров на мономеры с использованием воды и катализаторов. Механизм: полимеры разлагаются на мономеры под воздействием воды и кислотных или щелочных катализаторов. Преимущества: высокая степень очистки и возможность переработки загрязненных пластиковых отходов.

Технологии гидролиза для переработки полиолефинов в мономеры могут быть использованы для производства новых полимеров.

Гликолиз включает разложение полимеров на мономеры с использованием гликолей. Полимеры разлагаются на мономеры под воздействием гликолей и катализаторов. К преимуществу данного метода относится высокая степень очистки и возможность переработки смешанных пластиковых отходов.

Метанолиз включает разложение полимеров на мономеры с использованием метанола. Полимерные молекулы взаимодействуют с метанолом, что приводит к их разрыву и образованию мономеров: СН и СН. Используются кислые или основные катализаторы, такие, как метилаты металлов, которые ускоряют реакцию метанолиза. Предполагается высокая степень очистки и возможность переработки загрязненных и смешанных пластиковых отходов.

Технологические условия: реакция преимущественно проводится при температуре 150 – 300 °С, процесс требует умеренного давления для поддержания метанола в жидком состоянии и обеспечения эффективного контакта с полимером. Наиболее распространенными катализаторами являются щелочные металлы и их соединения, такие, как CH_3ONa .

8. Дополнительные комментарии и рекомендации

Справочник подготовлен в рамках государственного задания по бюджетной программе 044 "Содействие ускоренному переходу Казахстана к "зеленой экономике" путем продвижения технологий и лучших практик, развития бизнеса и инвестиций" в соответствии со статьей 113 Экологического кодекса Республики Казахстан.

Разработка справочника по НДТ проводилась группой независимых экспертов, представленной технологами, экологами, специалистами по энергоэффективности и экспертом по экономике.

Подготовка настоящего справочника осуществлялась при участии технической рабочей группы, созданной приказом Председателя Правления Центра. В состав ТРГ вошли представители субъектов промышленности по соответствующим области применения справочника по НДТ, государственных органов в области промышленной безопасности и санитарно-эпидемиологического благополучия населения, научных и проектных организаций, экологических и отраслевых ассоциаций.

На первом этапе разработки справочника проведен КТА – экспертная оценка текущего состояния предприятий по производству основных органических химических веществ и полимеров, которая позволила определить эффективность управления

производством, применяемые средства автоматизации, анализ технологических возможностей и степень воздействия предприятий на окружающую среду.

Целью проведения комплексного технологического аудита является оценка текущего состояния предприятий по производству основных органических химических веществ и полимеров на соответствие принципам наилучших доступных техник, определение внедренных технологий, способов, методов, процессов, практики, подходов и решений, направленных на предотвращение и (или) минимизацию негативного антропогенного воздействия на окружающую среду и выявление потенциала на предприятии для возможного внедрения наилучших доступных техник.

Оценка соответствия критериям НДТ устанавливалась в соответствии со статьей 113 Экологического кодекса РК, Директивой 2010/75/ЕС Европейского парламента и Совета ЕС "О промышленных выбросах и/или сбросах (о комплексном предупреждении и контроля загрязнений)", а также Методологией отнесения к НДТ, отраженной в разделе 2 настоящего справочника.

Проведен анализ и систематизация информации отрасли производства основных органических химических веществ и полимеров, о применяемых в отрасли технологиях, оборудовании, сбросах и выбросах загрязняющих веществ, образовании отходов производства, других факторах воздействия на окружающую среду, энерго- и ресурсопотреблении с использованием литературных данных, изучением нормативной документации и экологических отчетов.

При подготовке справочника по НДТ изучался европейский подход внедрения наилучших доступных техник.

Структура справочника по НДТ разработана по результатам проведенного КТА и анализа особенностей структуры отрасли Республики Казахстан по производству основных органических химических веществ и полимеров, а также ориентируясь на наилучший мировой опыт.

К перспективным технологиям отнесены передовые технологии на стадии научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, применяемые на практике или в качестве опытно-промышленных установок.

По итогам подготовки справочника по НДТ были сформулированы следующие рекомендации, касающиеся дальнейшей работы над настоящим справочником и внедрения НДТ:

предприятиям рекомендуется осуществлять сбор, систематизацию и хранение сведений об уровнях эмиссий загрязняющих веществ в окружающую среду, в особенности маркерных, в целях проведения анализа, необходимого для последующих этапов разработки справочника, в том числе в целях пересмотра перечня маркерных загрязняющих веществ и технологических показателей, связанных с применением НДТ ;

внедрение автоматизированной системы мониторинга эмиссий в окружающую среду является необходимым инструментом получения фактических данных по эмиссиям маркерных загрязняющих веществ и пересмотра технологических показателей маркерных загрязняющих веществ;

при модернизации технологического и природоохранного оборудования в качестве приоритетных критериев выбора новых технологий, оборудования, материалов следует использовать повышение энергоэффективности, ресурсосбережение, снижение негативного воздействия объектов химической отрасли на окружающую среду.

Библиография

1. Экологический кодекс Республики Казахстан от 2 января 2021 года № 400-VI ЗРК.
2. Правила разработки, применения, мониторинга и пересмотра справочников по наилучшим доступным техникам, утвержденные постановлением Правительства Республики Казахстан от 28 октября 2021 года № 775.
3. Reference Document for the Production of Large Volume Organic Chemicals, 2017. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям "Производство органических химикатов в больших объемах".
4. Reference Document on Best Available Techniques in the Production of Polymers, 2007. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям "Производство полимеров".
5. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Refining of Mineral Oil and Gas, 2015. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям "Переработка нефти и газа".
6. ИТС18-2019. "Производство основных органических химических веществ", Москва, Бюро НДТ, 2019.
7. ИТС 32-2017 "Производство полимеров, в том числе биоразлагаемых", Москва, Бюро НДТ, 2017.
8. Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency, 2009. Справочный документ по наилучшим доступным технологиям обеспечения энергоэффективности. – М.: Эколайн, 2012 г.
9. Руководство по определению НДТ и установлению уровней экологической эффективности для выполнения условий получения экологических разрешений на основе НДТ/Управление по окружающей среде, здоровью и безопасности Дирекции по окружающей среде ОЭСР. Перевод с английского. Москва, 2020.
10. <https://kazdata.kz/04/2017-02-production-khimicheskie-veschestva.html>.
11. <https://kapital.kz/economic/104863/khimicheskaya-promyshlennost-tendentsii-i-vozmozhnosti.html>.
12. <https://kazdata.kz/04/2017-02-production-khimicheskie-veschestva.html>.

13. <https://stat.gov.kz/ru/industries/business-statistics/stat-industrial-production/publications/5180/>.
14. Производство химической продукции в Казахстане. Маркетинговое исследование. Национальная палата предпринимателей РК "Атамекен".
15. https://www.inform.kz/ru/skol-ko-proizvodstvennoy-himii-sozdaetsya-v-kazahstane_a3734910.
16. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P1000001001>.
17. Производство полимеров POL BREF (08.2007). <https://wecoop.eu/ru/glossary/bat/>.
18. Бреф ПНГ <https://wecoop.eu/ru/glossary/bat/>.
19. Бреф ООВ <https://wecoop.eu/ru/glossary/bat/>.
20. European Commission (2006) European IPPC Bureau, "Economics and Cross-Media Effects".
21. Раздел 18, глава 69, параграф 4 Налогового кодекса РК.
22. Особенная часть, глава 21 Кодекса Республики Казахстан "Об административных правонарушениях" от 5 июля 2014 года № 235-V ЗРК.
23. Пункт 8 ст. 576 Налогового кодекса РК.
24. Ст. 577 Налогового кодекса РК.
25. Постановление Правительства РК от 1.04.2022г. № 187.
26. Ст. 43 – 9 Закона РК от 25 декабря 2017 года "О введении в действие Налогового кодекса РК".
27. Ст. 328 Кодекса Республики Казахстан "Об административных правонарушениях" от 5 июля 2014 года № 235-V ЗРК.
28. <https://library.tou.edu.kz/fulltext/buuk/b947.pdf>.
29. Е.А. Дмитриев, И.К. Кузнецова. Введение в интеграцию основных процессов химической технологии. Учебное пособие. Москва. 2005. https://www.muctr.ru/upload/iblock/6c4/Posobie_integratsiya.pdf.
30. А.М. Елохов, Т.А. Неволина, О.В. Тютык. Производственный менеджмент особенности управления в химической промышленности. , Пермь, 2019. <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/uchebnie-posobiya/elohov-nevolina-tyutyk-proizvodstvennyj-menedzhment.pdf>.
31. https://bibl.nngasu.ru/electronicresources/uch-metod/industrial_economy/4855.pdf.
32. <https://ect-center.com/blog/chemistry-in-fra-ger-ita#rec178675244>.
33. Саркисов П.Д. Проблемы энерго- и ресурсосбережения в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии// Хим. пром-сть. 2000. №1. С.20-27.
34. <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskie-problemy-himicheskoy-promyshlennosti-i-ih-reshenie-opyt-germanii/viewer>.
35. <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskie-problemy-himicheskoy-promyshlennosti-i-ih-reshenie-opyt-germanii/viewer>.

36. <https://cyberleninka.ru/article/n/podbor-katalizatorov-obespechivayuschih-stabilnost-raboty-i-vysokuyu-skorost-okisleniya-vod-2-otdeleniy/viewer>.
37. <https://nangs.org/news/downstream/chem/petrochemistry/effektivnye-katalizatory-dlya-ispolzovaniya-v-neftehimicheskoy-promyshlennosti>.
38. <https://patents.google.com/patent/RU2140811C1/ru>.
39. <https://patents.google.com/patent/RU2468999C1/ru>.
40. <https://www.mdpi.com/2313-4321/2/4/24>.
41. <https://corporate.dow.com/en-us/science-and-sustainability/commits-to-reduce-emissions-and-waste.html>.
42. <https://corporate.dow.com/en-us/news/press-releases/dow-outlines-targeted-actions-to-deliver--1b-in-cost-savings-in-.html>.
43. <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/building-sustainability-into-operations>.
44. <https://www.lyondellbasell.com/en/news-events/advancing-possible/a-culture-of-safety/>.
45. https://corporate.exxonmobil.com/news/news-releases/2022/0131_exxonmobil-streamlines-structure-to-enhance-effectiveness-grow-value-reduce-costs.
46. <https://www.sibur.ru/en/>.
47. <https://report.basf.com/2023/en/combined-managements-report/environmental-social-governance.html>.
48. <https://www.s-oil.com/en/sustainability/Report.aspx>.
49. <https://corporate.dow.com/en-us/about-dow/corporate-reporting/progress-report/disclosures.html>.
50. . https://www.lottechem.com/en/esg/management_report.do.
51. <https://www.lyondellbasell.com/en/sustainability/reporting/>.