

Егорова, С.А. Мальцева, И.Г. Григорьева, Ю.А. Тунакова // Вестник Казанского технологического университета. 2013. №10. - С.163-168.

3. Севостьянов В.С. Технологические аппараты с иглофрезерными рабочими органами для комплексной переработки композиционных материалов / В.С. Севостьянов, Т.Л. Сиваченко, С.А. Михайличенко // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 2. - С. 50-56.

4. Севостьянов В.С. Научно–практические основы создания иглофрезерных измельчителей многоцелевого назначения / В.С. Севостьянов, Т.Л. Сиваченко, М.В. Севостьянов, П.Ю. Горягин, В.А. Бабуков // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. № 3. – С. 107-116.

5. Патент на изобретение № 2724667, Российская Федерация, МПК В02С 18/00. Роторно-центробежный агрегат комбинированного действия для переработки органических и минеральных материалов / В.С. Севостьянов, Н.Т. Шеин, М.В. Севостьянов, П.Ю. Горягин, Р.А. Ермилов; заявитель и патентообладатель: ФГБОУ ВО «БГТУ им. В.Г. Шухова». Заявл. 23.09.2019, опубл. 25.06.2020. Бюл. № 18.

6. Севостьянов, В.С. Уральский В.И., Севостьянов М.В., Бабуков В.А., Мартаков И.Г. Малотоннажные технологические комплексы и оборудование (основы научных исследований – практическое руководство): учебное пособие / Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. – 450 с.

7. Технологические комплексы и оборудование для переработки и утилизации техногенных материалов / В.С. Севостьянов, В.И. Уральский, М.В. Севостьянов, О.А. Носов. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. – 321 с.

УДК 498.25

**Трутько К.А., инженер,
Марцуль В.Н., канд. техн. наук, доц.
(БГТУ, г. Минск, Беларусь)**

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ОТХОДОВ, СОДЕРЖАЩИХ ГИДРОХЛОРФТОРУГЛЕРОДЫ (ГХФУ)

Целью работы является рассмотрение двух вариантов обращения с отработанными гидрохлорфторуглеродами (ГХФУ) и их заменителями: обезвреживание, не подлежащих использованию отработанных ГХФУ и их переработка для получения веществ, которые могут использоваться в качестве хладагентов и растворителей. А также анализ эффективности и целесообразности регенерации отработанных хладагентов и растворителей.

Ключевые слова: озоноразрушающие вещества, хладагенты, разрушение озонового слоя, гидрохлорфторуглероды, обезвреживание, проектные решения, технологическая схема, регенерация, качественное и количественное определение, методика выполнения измерений, хроматография

Важнейшей составной частью атмосферы, влияющей на климат и защищающей всё живое на Земле от избытка ультрафиолетового излу-

чения Солнца, является озоносфера.

Молекулы озона не прозрачны для проникающей ультрафиолетовой радиации Солнца и практически полностью поглощают её. Кроме того, озоновый слой задерживает порядка 20% инфракрасного теплового излучения Земли, создавая благоприятные условия для её теплового режима.

Разрушение озонового слоя может происходить как в результате естественных факторов, так и антропогенных. Основной вклад в разрушение озонового слоя вносят озоноразрушающие вещества (далее ОРВ) – фреоны, поскольку инициируют цепные процессы.

Многие озоноразрушающие вещества являются еще и парниковыми газами.

Разрушение стратосферного озона и увеличение концентрации приземного озона (тропосферного озона) в последние десятилетия способствуют изменению климата [1].

Наиболее часто «ОРВ» связывают с фреонами, это обусловлено наличием информации о их озоноразрушающих свойствах. ОРВ нашли применение во многих сферах, включая системы охлаждения, кондиционирования воздуха, в производстве пенистых материалов, растворителей, аэрозолей и в других.

Среди фреонов выделяют озоноразрушающие хладагенты и альтернативные озонобезопасные хладагенты.

К озоноразрушающим хладагентам относят хлорфторуглероды (ХФУ) и гидрохлорфторуглероды (ГХФУ).

ГХФУ – вещества с низкой озоноразрушающей способностью и высоким потенциалом глобального потепления. Считаются переходными хладагентами.

К альтернативным озонобезопасным хладагентам относятся гидрофторуглероды (ГФУ) и их смеси, углеводороды и природные (неорганические) хладагенты.

Республика Беларусь не производила ОРВ, однако, как и большинство промышленно-развитых стран продолжает оставаться их потребителем. В процессе использования и вывода из оборота ОРВ в соответствии с Венской конвенцией, образуются отходы, содержащие ХФУ и ГХФУ [2].

В едином классификаторе отходов, образующихся в Республике Беларусь, отходы, содержащие ГХФУ, можно найти в блоке пятом, пятой группы, подгруппы 2.

В настоящее время в Республике Беларусь не созданы объекты по обезвреживанию отходов галогенсодержащих растворителей, их смесей и других галогенсодержащих органических жидкостей.

В реестре объектов по использованию отходов представлены лишь три объекта, которые осуществляют использование собственных отходов и не осуществляют приём отходов от других организаций.

В связи с этим практически все отходы размещены на объектах хранения. В настоящее время в Республике Беларусь в реестре объектов хранения и захоронения отходов зарегистрировано 13 таких объектов.

Для решения проблемы данных отходов и ликвидации объектов хранения и выполнения обязательств по Венской конвенции необходимо создание объектов как по использованию, так и по обезвреживанию данных отходов.

В данной работе были предложены варианты проектных решений, которые могут быть положены в основу для создания таких объектов.

Обезвреживанию подлежат отработанные ГХФУ, которые не могут быть регенерированы. Обезвреживание ОРВ должно производиться с использованием технологий, одобренных Решением XV/9 Сторон Монреальского протокола по веществам, разрушающим озоновый слой.

Среди одобренных технологий можно выделить следующие категории:

- сжигание;
- использование плазменных технологий;
- прочие технологии, в которых не используется сжигание.

Для решения данной проблемы были разработаны проектные решения по установке обезвреживания отходов, содержащих ГХФУ, высокотемпературным сжиганием в циклонном реакторе.

Выбор технологии произведен на основе сравнения альтернативных вариантов, в качестве которых рассмотрены плазменные технологии и технологии, в которых не используется сжигание. Установлено, что рядом преимуществ обладает высокотемпературное сжигание.

Предлагаемая установка высокотемпературного обезвреживания жидких галогенсодержащих отходов, а также отходов, содержащих ГХФУ, включает:

- обезвреживание отходов, осуществляемое в циклонном реакторе с огнеупорной водохлаждаемой футеровкой;
- эффективная деструкция отходов и продуктов обезвреживания в зоне высоких температур – камере дожигания в течение 2 с при температуре 1200 °С.
- использование теплоты отходящих дымовых газов для подогрева дутьевого воздуха в рекуператоре;
- очистка дымовых газов от частиц летучей золы в электрофильтре;

– нейтрализация образующихся кислотных газов (HCl) – в абсорбере впрыском раствора щелочного реагента с получением нетоксичных минеральных солей;

– сухая очистка дымовых газов от диоксинов углеродным сорбентом, который улавливается в рукавном фильтре, и от минерального пылеуноса;

– подогрев уходящих дымовых газов за дымососом.

При создании данного объекта по обезвреживанию целесообразно его мощность рассчитывать для обезвреживания как ГХФУ, так и отходов, содержащих стойкие органические загрязнители, например, полихлорированные бифенилы (ПХБ).

Согласно Монреальскому протоколу, регенерация ХФУ и ГХФУ относится к приоритетным видам деятельности, которые способствуют сокращению выбросов ОРВ в атмосферу.

В Республике Беларусь работы в области регенерации отработанных ОРВ ведутся «Ассоциацией предприятий индустрии микроклимата и холода» (далее «АПИМХ»). На базе которой имеется производственный участок по регенерации отработанных ГХФУ, осуществляемой в результате двухступенчатого процесса, который включает дистилляцию и ректификацию.

Активизация этих работ сдерживается отсутствием информации по составу отходов ОРВ и продуктов, которые получены или могут быть получены на их основе.

В рамках научно-исследовательской работы:

– проведен анализ информации о методиках выполнения измерений, используемых для идентификации и количественного определения содержания ГХФУ и их заменителей в хладагентах, а также анализ их применимости;

– отработана методика газохроматографического определения ОРВ в промышленных выбросах на газовом хроматографе Agilent 7820A, оснащенный ПИД-ом и катарометром, а также двумя капиллярными газохроматографическими колонками;

– в соответствии с методикой построены градуировочные графики по R134a, R12, R22 и др.

– выполнены исследования состава продуктов, полученных в процессе регенерации отработанных ГХФУ и их заменителей. Объектом исследования являлись регенерированные R12, R22, R134a, R125, которые были предоставлены «АПИМХ».

Анализ соответствия характеристик рекуперированных ГХФУ и их заменителей государственным стандартам показал, что из предостав-

ленных проб регенерированных ГХФУ требованиям по содержанию целевого компонента соответствуют: R12, R22, R134a, R125.

Исследования проводились в единственной и уникальной в своем роде научно-исследовательской лаборатории ГХФУ и их заменителей в республике.

Установлено, что использование двухступенчатого процесса рекуперации хладагентов и растворителей, включающего дистилляцию и ректификацию, позволяет получить продукты, которые отвечают требованиям установленных на них ТНПА.

На основании полученных данных были разработаны возможные проектные решения по установке регенерации. Технологическая схема установки регенерации отработанных галогенсодержащих растворителей представлена на рис. 1.

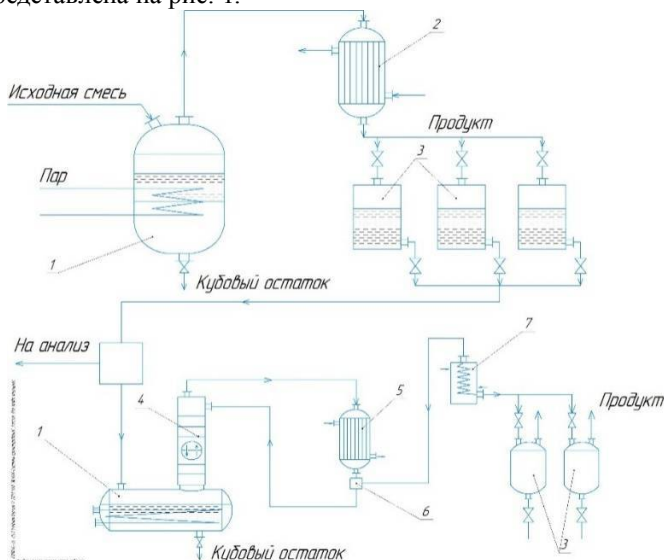


Рис. 1. Технологическая схема установки регенерации отработанных галогенсодержащих растворителей: 1 – куб; 2 – конденсатор; 3 – сборники; 4 – ректификационная колонна с решетчато-провальными тарелками; 5 – дефлегматор; 6 – делитель потока; 7 – холодильник

Предлагаемый процесс регенерации отработанных ГХФУ и других галогенорганических растворителей включает:

- анализ компонентного состава поступающих на дистилляцию отходов;
- непосредственно саму дистилляцию;

- анализ фракций, полученных при дистилляции;
- принятие решений о дальнейшей ректификации или направлении на использование;
- ректификацию;
- анализ фракций, полученных при ректификации.

Библиографический список

1. Ларин, И.К. Химическая физика озонового слоя. – М.: ГЕОС, 2017. - 375 с.
2. Стратегия Республики Беларусь по постепенному выводу из обращения гидрохлорфторуглеродов на период до 2020 года: Стратегия Министерства Природных Ресурсов и Охраны Окружающей Среды Республики Беларусь, 28 февраля 2013 г. № 19-Р // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. – 2013. – № 06. – 214-62.

УДК 666.97

Уральский В.И., канд. техн. наук, доц.,
Уральский А.В., канд. техн. наук, доц.,
Синица Е.В., канд. техн. наук, доц.
(БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННОЙ КЕРАМИКИ

В статье рассмотрены вопросы использования отходов производства электротехнического фарфора, в частности спека кордиерита, в виде тонкодисперсного порошка. Представлен центробежный агрегат с параллельными помольными блоками, показана эффективность измельчения материала при получении тонкодисперсного продукта. Описан технологический комплекс тонкого измельчения электротехнического фарфора и спека кордиерита, в состав которого входит энергосберегающий центробежный помольный агрегат.

Ключевые слова: электрический фарфор, кордиерит, тонкодисперсный порошок, центробежный помольный агрегат, технологический комплекс, энергосбережение, измельчение, удельные энергозатраты

Широкое применение в качестве электроизоляционного материала находит электротехнический фарфор на основе кордиерита, который является основным керамическим материалом, используемым в производстве широкого ассортимента низковольтных и высоковольтных изоляторов и других изоляционных элементов с рабочим напряжением до 1150 кВ переменного и до 1500 кВ постоянного тока. Особый интерес представляет использование кордиеритовой керамики при произ-