

ством автоматизированной системы ErlangExample97, реализованной в среде MS Excel.

Проведенное обследование технического состояния коллекторов промысловых нефтепроводов и расчет нормированного относительного показателя их надежности позволили сформировать титул капитального ремонта. Формирование данного титула происходило посредством выявления из всего списка коллекторов тех из них, которые обладают наименьшей надежностью. Таковыми по шкале интенсивности критериальных свойств Харрингтона [6] являются коллекторы, обладающие «очень низкой» и «низкой» надежностью.

Таким образом, разработанная методика позволяет обоснованно подойти к разработке организационно-технических мероприятий повышения надежности объектов системы промысловых нефтепроводов, внедрение которых позволит предприятиям нефтегазодобывающей отрасли обеспечить улучшение экономических и экологических результатов своей работы.

Список литературы

1. *Медведев, В. Ф.* Сбор и подготовка нефти и воды / В. Ф. Медведев. – М. : Экономика, 2002.
2. Все о пожарной безопасности. – <http://www.0-1.ru>. – Доступ свободный.
3. Официальный сайт ОАО «Акциянерная компания по транспорту нефти „Транснефть“». – <http://www.transneft.ru>. – Доступ открыт.
4. *Беззубов, А.* Проблему борьбы с коррозией на промысловых трубопроводах нужно решать сообща / Александр Беззубов, Николай Хохлов, Владимир Орлов // Нефть России. – 1999. – № 5.
5. *Смирнитский, Е. К.* Экономические показатели промышленности : справ. / Е. К. Смирнитский. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Экономика, 1989.
6. *Терехина, А. Ю.* Методы многомерного шкалирования и визуализации данных / А. Ю. Терехина // Автоматика и телемеханика. – 1973. – № 7. – С. 86–94.
7. *Муравьев, В. И.* Основы нефтяного и газового дела / В. И. Муравьев. – М., 2003.

УДК 502.566

Р. Г. Хайбулин, начальник отдела термического обезвреживания
ОУХО, г. Камбарка

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В УСТАНОВКЕ ТЕРМИЧЕСКОГО ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ ОТХОДОВ

Рассмотрена классификация методов термического обезвреживания и промышленных отходов. Подтверждена эффективность использования метода термического обезвреживания при рассмотрении технологических процессов обезвреживания промышленных отходов на объекте по уничтожению химического оружия в пгт. Горный Саратовской области.

Классификация методов термического обезвреживания и промышленных отходов

Особое значение при решении задач по обеспечению экологической безопасности жизнедеятельности населения и защиты окружающей среды от загрязнения производственными выбросами занимает выбор метода переработки или утилизации промышленных отходов.

Термическое обезвреживание промышленных отходов является наиболее распространенным и эффективным методом их переработки и уничтожения, а иногда единственно возможным. Для обезвреживания значительной группы жидких, твердых, пастообразных и газообразных промышленных отходов с большим набором и высокой концентрацией органических и минеральных веществ применяют термические методы. Они заключаются в тепловом воздействии на отходы, при котором происходит окисление или газификация горючих компонентов, термическое разложение или восстановление некоторых вредных веществ с образованием безвредных или менее вредных. Классификация методов термического обезвреживания представлена в таблице.

Термические методы обезвреживания входят в состав комбинированных методов очистки газов [1]. Иногда к термическим методам обезвреживания жидких отходов относят также концентрирование сточных вод выпариванием, вымораживанием и обработкой в кристаллогидратных установках; сушку; перегонку и ректификацию.

Метод термического обезвреживания универсален, характеризуется высокой санитарно-гигиенической эффективностью и потому является основным и перспективным для обезвреживания производственных отходов.

Для сжигания жидких, твердых, пастообразных и газообразных отходов применяют различные типы топок, печей и реакторов.

Область применения термического обезвреживания и объем отходов, подлежащих обезвреживанию, непрерывно расширяются. Существует прямая зависимость рациональной организации процесса термического обезвреживания отходов от технико-экономических показателей: производительность; полнота обезвреживания; пылеунос; расход топлива, охлаждающей воды и электроэнергии; стабильность процесса. Техничко-экономические показатели установок зависят от выбора технологической схемы, системы использования теплоты отходящих газов, системы газоочистки и других факторов. Однако эффективность установок термического обезвреживания во многом определяется выбором соответствующей конструкции печи (реактора), подбором и способом размещения на печи (реакторе) технических средств для сжигания топлива и ввода обезвреживаемых отходов. Выбор технологической и тепловой схемы установки обезвреживания отходов, типа реакторов, теплообразующего оборудования и аппаратов для очистки газов во многом зависит от химического состава и физических свойств отходов.

Классификация отходов по физико-химическим свойствам и характеристикам особенно важна при оценке влияния отходов на окружающую среду, и, в первую очередь, это касается токсичных и опасных отходов [2]. Классификация отходов по агрегатному состоянию представлена в следующем виде (рис.).

Классификация отходов по агрегатному состоянию позволяет более точно идентифицировать отходы, что является очень важным при выборе способа и технологии обращения с отходами (сжигание, утилизация, захоронение). При определении технологии обращения с отходами пользуются классификацией отходов по степени горючести и взрывоопасности. Не следует забывать и о токсичности отдельных видов отходов.

Характеристикой токсичности вещества считается показатель летальной дозы ЛД₅₀, при которой у 50 % подопытных индивидуумов наступает летальный исход. Значения токсичности, полученные на опытных животных, являются основой для законодательного определения предельно допустимой концентрации (ПДК) вредных веществ.

Таблица. Классификация методов термического обезвреживания

№ п/п	Методы термического обезвреживания	
1	<p>Жидкофазное окисление Используется для обезвреживания жидких отходов и осадков сточных вод. Суть метода состоит в окислении кислородом воздуха органических и элементоорганических примесей сточной воды при $t = 150\text{--}350\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $P = 2\text{--}28\text{ МПа}$.</p>	
2	<p>Гетерогенный катализ Применяется для обезвреживания газообразных и жидких отходов</p>	<p>Термокаталитическое окисление Используют для обезвреживания газообразных отходов с низкой концентрацией горючих примесей. Процесс окисления на катализаторах осуществляется при температурах ниже температур самовоспламенения горючих составляющих отхода</p> <p>Термокаталитическое восстановление Используют при обезвреживании некоторых типов газообразных отходов, например нитрозных газов, содержащих оксиды азота</p> <p>Парофазное каталитическое окисление Заключается в переводе органических примесей сточной воды в парогазовую фазу с последующим их каталитическим окислением кислородом воздуха</p>
3	<p>Газификация отходов Предназначена для обработки твердых, жидких и пастообразных отходов с получением горючего газа, смолы и шлака. Осуществляется на воздушном, паровоздушном и парокислом дутье в механизированных шахтных газогенераторах с вращающимися колосниковыми решетками и твердым шлакоудалением; в газогенераторах с псевдоожиженным слоем; в шахтных газогенераторах с фурменной подачей дутья и жидким шлакоудалением (горновой метод)</p>	
4	<p>Пиролиз отходов</p>	<p>Окислительный пиролиз с последующим сжиганием пиролизных газов Процесс термического разложения отходов при их частичном сжигании или непосредственном контакте с продуктами сгорания топлива. Является одной из стадий процесса газификации. Газообразные продукты разложения отходов смешиваются с продуктами сгорания топлива или части отходов, поэтому на выходе из реактора они имеют низкую температуру сгорания, но повышенную температуру. Затем смесь газов сжигают в обычных топочных устройствах. Обычно окислительный пиролиз проводят при $600\text{--}900\text{ }^{\circ}\text{C}$ (температура нагрева отходов)</p> <p>Сухая перегонка (сухой пиролиз) Процесс термического разложения отходов, твердого и жидкого топлива без доступа кислорода. Количество и качество продуктов сухого пиролиза зависят от состава отходов и температуры процесса. В зависимости от температуры различают три вида сухого пиролиза: – низкотемпературный ($450\text{--}550\text{ }^{\circ}\text{C}$); – среднетемпературный (до $800\text{ }^{\circ}\text{C}$); – высокотемпературный ($900\text{--}1\ 050\text{ }^{\circ}\text{C}$)</p>

№ п/п	Методы термического обезвреживания
5	<p>Плазменный метод <i>Применяется для обезвреживания жидких и газообразных отходов двумя путями: плазмохимической ликвидацией особо опасных высокотоксичных отходов; плазмохимической переработкой отходов с целью получения товарных продуктов.</i> При температурах выше 4 000 °С за счет энергии электрической дуги в плазмотроне молекулы кислорода и отходов расщепляются на атомы, радикалы, электроны и положительные ионы. При остывании в плазме протекают реакции с образованием простых соединений CO₂, H₂O, HCl, HF, P₄O₁₀ и др.</p>
6	<p>Огневой метод <i>Метод огневого обезвреживания и переработки жидких, твердых, пастообразных и газообразных отходов наиболее универсален, надежен и эффективен по сравнению с другими термическими методами.</i> Сущность заключается в сжигании горючих отходов или огневой обработке негорючих отходов высокотемпературными (более 1 000 °С) продуктами сгорания топлива. Токсичные компоненты подвергаются окислению, термическому разложению и другим химическим превращениям с образованием безвредных газов (CO₂, H₂O, N₂) и твердых остатков (оксидов металлов, солей)</p>

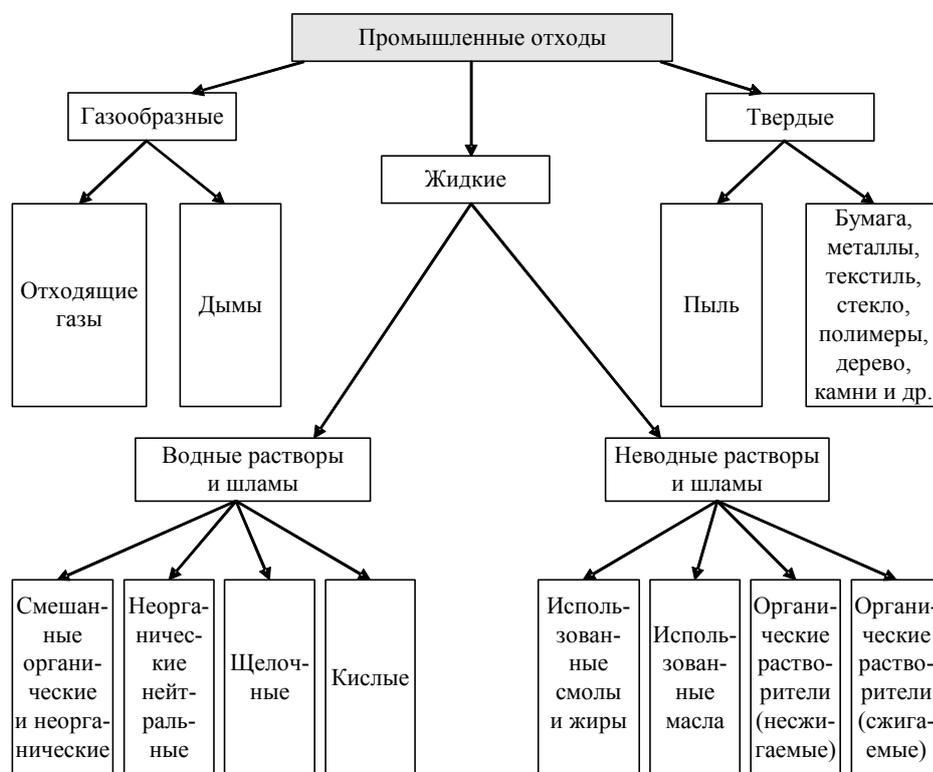


Рис. 1. Классификация отходов по агрегатному состоянию

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) разработала систему классификации опасных промышленных отходов, которая принята ООН в рамках програм-

мы по окружающей среде и включает перечень токсичных и опасных компонентов промышленных отходов. В этот перечень включены такие вещества, как мышьяк и его соединения, канцерогенные полициклические и ароматические галогенорганические соединения, ртуть и ее соединения и многие другие.

Технологические процессы обезвреживания отходов на объекте по уничтожению химического оружия

Одним из ярких примеров успешного применения огневого метода обезвреживания промышленных отходов является обезвреживание отходов, образующихся при уничтожении отравляющего вещества кожно-нарывного действия (иприт, люизит и их смеси) на объекте по уничтожению химического оружия в пгт. Горный Саратовской области, который заключается в разложении отходов, окислении органических составляющих до продуктов полного сгорания и элементов в составе отходов при взаимодействии их с печной средой при высокой температуре (800–1 200 °С), создаваемой за счет горения топлива (природного газа) и горючих отходов в объеме печи.

Установка термического обезвреживания (УТО) отходов предназначена для обезвреживания жидких (сточных вод и горючих отходов) и твердых отходов, образующихся в технологическом процессе детоксикации и уничтожения люизита, иприта и двойных, тройных смесей.

Термическое обезвреживание отходов предусматривает следующие основные стадии технологического процесса:

- сжигание жидких отходов и дожигание дымовых газов из печи с выдвигаемыми подовыми тележками, резкое охлаждение дымовых газов;
- сжигание твердых отходов;
- очистка дымовых газов;
- очистка сточных вод.

Для обеспечения работы основных стадий технологического процесса предусмотрены вспомогательные стадии:

- прием твердых отходов;
- прием сточных вод;
- прием горючих отходов;
- организация дегазационно-обмывочных душей;
- приготовление 20 %-ного раствора щелочи;
- сбор стоков от пожаротушения;
- прием технической воды, баллонная установка, растарка FeCl_3 ;
- сбор сточных вод от дегазации металлоконструкций и строительных конструкций;
- прием дизельного топлива и установка аварийной емкости;
- замена сорбента в контактных аппаратах.

Высокотоксичные твердые отходы производства обезвреживаются в печи с выдвигаемым подом при температуре 800–1 000 °С (первая ступень сжигания), после чего отходящие из печи дымовые газы дожигаются в камере дожигания (вторая ступень сжигания) при температуре 1 200 °С.

Сжигание жидких отходов предусматривается в камере дожигания (вторая ступень).

В целях предотвращения образования диоксинов предусмотрено резкое охлаждение дымовых газов с температуры 1 200 °С до 85 °С.

Очистка сточных вод от системы очистки дымовых газов печей предусмотрена методом двухступенчатого химического осаждения мышьяка с последующим вы-

делением седиментацией мышьяксодержащих солей в твердом виде и обезвоживанием шлама в камерном фильтрпрессе.

Работа установки термообезвреживания предусмотрена в условиях разрежения для исключения выхода неочищенного дымового газа в производственные помещения.

Выгрузка прокаленных твердых сыпучих веществ после охлаждения из подовой тележки предусмотрена с помощью пневматической системы пылеулавливания, состоящей из рукавного фильтра, фильтра улавливания тонкодисперсной пыли, вентилятора и устройства фасовки пыли в полиэтиленовые мешки.

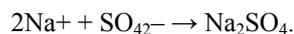
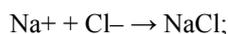
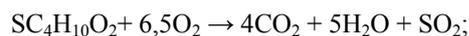
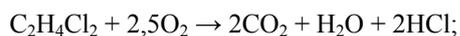
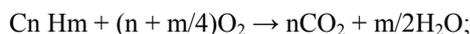
Для обеспечения непрерывной работы УТО при периодическом поступлении жидких и твердых отходов в составе корпуса предусмотрен склад твердых отходов и приемно-расходные накопительные емкости для жидких отходов.

Сжигание жидких отходов осуществляется в топочном объеме камеры дожигания.

При сжигании жидких отходов протекают следующие процессы:

- испарение воды;
- разложение органических соединений отходов и топлива до радикалов, а элементоорганических соединений – до органических радикалов и катионов, анионов неорганических элементов;
- окисление органических радикалов до CO_2 и H_2O , в условиях избытка кислорода;
- взаимодействие катионов с анионами и кислородом с образованием солей и оксидов.

Процессы протекают по основным химическим реакциям:



Дожигание продуктов неполного окисления, поступающих в составе дымовых газов из печи с выдвижными подовыми тележками:



Рабочие параметры процесса в камере дожигания: температура – 1 100...1 200 °С, время пребывания – около 2,5 секунды, содержание O_2 в дымовых газах – 3...6 объем. %.

Рабочие параметры процесса обеспечивают полное выгорание образовавшихся промежуточных продуктов сжигания.

Сжигание твердых отходов осуществляется в топочной камере печи с выдвижными подовыми тележками.

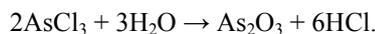
При сжигании твердых отходов протекают следующие процессы:

- нагрев отходов;
- разложение органических соединений отходов и топлива до радикалов, а элементоорганических соединений – до органических радикалов и катионов, анионов неорганических элементов;
- окисление органических радикалов до CO_2 и H_2O , в условиях избытка кислорода;

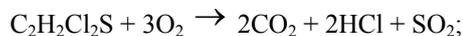
– взаимодействие катионов с анионами и кислородом с образованием солей и оксидов.

Процессы протекают по основным химическим реакциям.

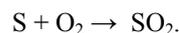
Окисление люизита и треххлористого мышьяка:



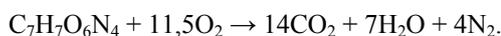
Окисление иприта и продуктов детоксикации иприта:



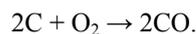
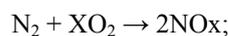
Окисление серы в составе СИЗ:



Окисление пенополиуретанов:



В связи с периодической работой печи, связанной с загрузкой и выгрузкой отходов, возможно образование продуктов неполного окисления органических радикалов и азота воздуха.



Рабочие параметры процесса в топочной камере печи с выдвигаемыми тележками: температура – 800–1 000 °С, время пребывания – до 10–20 часов.

Время пребывания твердых отходов в печи, необходимое для обеспечения их полного выгорания, а также требуемая температура сжигания зависят от вида, формы и размера подаваемых на сжигание твердых отходов. В отношении времени выгорания разных материалов есть опыт, накопленный при работе на УТО в пгт. Горный Саратовской области.

Опыт показывает следующие времена выгорания разных материалов:

- активированный уголь – до 30 по 40 ч при 1 000 °С;
- защитные костюмы – 3 по 4 ч при 800–900 °С;
- упаковочные материалы – 3 по 6 ч при 900 °С.

Производительность печи с выдвигаемыми тележками определяется количеством подводимого на сжигание активированного угля. Материалы, предусмотренные для сжигания в печи с выдвигаемыми тележками, должны быть тщательно зарегистрированы и внесены в документацию для определения последовательности загрузки, а также регулирования температуры и времени прохождения отходов.

Из-за необходимости замены подвижной тележки в цикл одной позиции печи обязательно входят: время остывания печи на температуру 550 °С при скорости остывания 80 °С/ч, как предпосылка для снятия блокировки разгрузки-загрузки, и, после разгрузки-загрузки, время подогрева со скоростью в приблизительно 80 °С/ч до достижения заданной температуры процесса. Учитывая эти обстоятель-

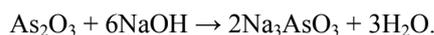
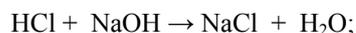
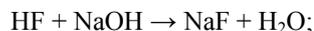
ства, время цикла замены тележки составляет от 10 часов для легко сгораемых материалов до 20 часов для активированного угля.

Процесс сжигания активированного угля дополнительно затруднен тем, что он сгорает полностью только при толщине слоя не выше 0,1 м. Для повышения производительности по активированному углю в процессе выполнения работ необходимо предусмотреть одновременное сжигание угля в нескольких слоях на одной подвижной тележке с подводом воздуха сгорания между слоями. Отдельные слои наносятся на металлические стеллажи; всесторонний доступ воздуха должен быть обеспечен конструкцией. Стеллажи подвергаются окаливанию и должны быть заменены через определенное время.

Очистка дымовых газов, образующихся при сжигании отходов, осуществляется в три ступени:

- ступень – отделение крупных твердых частиц триоксида мышьяка и солей в радиально-поточном скруббере;
- ступень – удаление газообразных компонентов HCl, SO₂ и других при нейтрализации их щелочью с образованием солей в насадочном скруббере;
- ступень – улавливание тонкодисперсной пыли и аэрозоли солей в мокром электрофильтре.

Нейтрализация газообразных компонентов протекает по следующим химическим реакциям:



Ввиду отсутствия в дымовых газах хлора и оксидов хлора, нейтрализация бисульфитом натрия (NaHSO₃) не предусматривается.

Выделение мышьяка из промывочной воды системы очистки дымовых газов при очистке сточных вод осуществляется в три стадии:

- 1-я стадия – двухступенчатое химическое осаждение мышьяка;
- 2-я стадия – выделение твердых веществ седиментацией при добавке вспомогательного коагулянта;
- 3-я стадия – выделение твердых веществ из суспензии с помощью фильтрпресса.

Для повышения степени отделения мышьяка химическое осаждение мышьяка проводят в две ступени:

- на первой ступени основное количество мышьяка осаждается в виде FeAsO₄ после окисления и регулирования значения pH прибавлением FeCl₃ по соотношению железа к мышьяку 3 : 1;
- на второй ступени повторяют обработку осветленной воды оставшимся количеством FeCl₃.

При двухступенчатой обработке сточных вод концентрация мышьяка уменьшается от первоначального значения 1 г/л до менее 1 мг As на литр очищенной воды.

Таким образом, из вышеизложенного следует, что при термическом обезвреживании отходов объекта по уничтожению химического оружия рабочие параметры процесса обеспечивают полное выгорание образовавшихся промежуточных продуктов сжигания. Работа установки термообезвреживания предусмотрена в услови-

ях разрежения для исключения выхода неочищенного дымового газа в производственные помещения и атмосферный воздух.

Список литературы

1. *Бернадинер, М. Н.* Огневая переработка и обезвреживание промышленных отходов / М. Н. Бернадинер, А. П. Шурыгин. – М. : Химия, 1990. – С. 9–32.
2. *Каралюнец, А. В.* Основы инженерной экологии. Обращение с отходами производства и потребления : учеб. пособие / А. В. Каралюнец, Т. Н. Маслова, В. Т. Медведев. – М. : Изд-во МЭИ, 2000. – С. 10–14.

УДК: 628.4.045

А. А. Чечина, научный сотрудник;
В. Г. Петров, доктор химических наук, ведущий научный сотрудник
Институт прикладной механики УрО РАН
Ю. Н. Меркушев, и. о. главного технолога
ОАО «Ижевский радиозавод»

РАЗЛОЖЕНИЕ И УТИЛИЗАЦИЯ ВОДОМАСЛЯНЫХ И ВОДОНЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

Разработан способ обезвреживания промышленных водомасляных и водонефтяных эмульсий последовательным добавлением к ним коагулянта и окислителя. В результате обработки содержание нефтепродуктов в жидкой фазе снижается в 500–3 500 раз для разных видов эмульсий. Метод позволяет существенно снизить сброс нефтепродуктов в окружающую среду и может быть использован на промышленных предприятиях при обезвреживании старых смазочно-охлаждающих жидкостей, а также в случае попадания нефтепродуктов в окружающую среду в результате производственных аварий.

Введение

Нефтепродукты в сточные воды промышленных предприятий попадают из-за того, что не обезвреживаются или плохо обезвреживаются отходы, в состав которых входят эти загрязнители. Одной из проблем удаления нефтепродуктов из сточных вод предприятий является обезвреживание и утилизация различных видов водомасляных и водонефтяных эмульсий, которые применяются в производстве и утрачивают свои свойства или являются отходами каких-либо процессов.

Примером таких эмульсий могут быть отработанные смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ), широко использующиеся в производстве [1]. Другим видом являются водонефтяные эмульсии, образующиеся при добыче нефти, при авариях и ЧС, связанных с разливом нефтепродуктов. Обезвреживание таких эмульсий проводится с использованием различных реагентов, коагулянтов [2].

Нами разработан и испытан на образцах отработанных СОЖ с предприятия «Ижевский радиозавод» (ИРЗ) и образце водонефтяной эмульсии, образующейся при добыче нефти на одной из скважин АО «Удмуртнефть» (Игринский район Удмуртской Республики) способ разложения и утилизации таких эмульсий с использованием последовательной их обработки железным купоросом ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) и хлорной известью.

Методы и материалы