

УДК 536.246.2

ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ПЕРЕРАБОТКИ КИСЛЫХ ГУДРОНОВ

*Г.И. Журавский**Институт тепло – и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси*

Актуальность проблемы

Одним из самых крупнотоннажных старых отходов нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности являются кислые гудроны.

Кислые гудроны представляют собой высокотоксичные смолоподобные массы, содержащие тяжелые углеводороды, серную кислоту, неорганические примеси и воду.

Это одни из самых мощных источников загрязнения окружающей среды, они складировываются на открытом воздухе в прудах – накопителях, занимающих значительные площади.

Самые большие пруды- накопители кислых гудронов имеются в США, Великобритании, Германии, Бельгии, Голландии, России, Китае и некоторых других странах.

Основная проблема утилизации кислых гудронов заключается в наличии в них больших количеств свободной серной кислоты (иногда до 70 % от их массы).

По некоторым оценкам количество накопленных кислых гудронов в Республике Беларусь составляет около 3,5 млн тонн.

Переработка таких отходов приводит к быстрой коррозии оборудования и невозможности получения кондиционных продуктов.

В настоящее время практические разработки с целью создания эффективной технологии утилизации данного вида отходов в мире находятся либо на стадии экспериментальных исследований и образцов, либо являются незавершенными и не могут быть реализованы в промышленных масштабах.

Вследствие трудностей (тех-

нологических, технических, экономических) утилизации кислых гудронов в последнее время в развитых странах мира способы очистки нефтепродуктов серной кислотой практически не применяются, а для этих целей используются современные гидрогенизационные процессы и методы селективной очистки с помощью растворителей [1–7].

Разрабатываемые направления решения проблемы

В развитых странах мира для переработки кислых гудронов используют высокотемпературное окисление с превращением образующегося диоксида серы в серную кислоту.

Существует технология утилизации кислых гудронов путем подмешивания их в другие углеводороды, например, в мазут. Но в связи с тем, что глубина переработки нефти увеличивается, тяжелых остатков в виде мазута становится меньше и потенциал такой технологии существенно снижается.

Широко рекламируется технология переработки кислых гудронов путем тонкослойного



Фото 1. Вид хранилища кислых гудронов

крекинга в битумные материалы. Однако до настоящего времени данная технология не вышла на уровень промышленного использования (коммерческий уровень).

Одной из основных причин этого, по нашему мнению, являются неудачные теплотехнические решения, положенные в основу технологического процесса.

Представлена также технология, основанная на пиролизе – высокотемпературном разложении органических составляющих кислых гудронов без доступа кислорода. Следует отметить, что этой технологии присущи все недостатки пиролизных систем (низкая энергетическая эффективность, образование высокотоксичных веществ, сложность аппаратного оформления, высокая стоимость оборудования).

Применяемые технологии и оборудование в большинстве своём являются низкоэффективными, материалоемкими либо весьма дорогостоящими.

Направления использования продуктов переработки кислых гудронов не обеспечивают необходимой экологической и экономической эффективности в основном по причине низкого качества получаемых продуктов, а также образования вторичных отходов производства.

Анализ составов кислых гудронов показывает, что в них может содержаться значительное (до 89 %) количество нефтепродуктов, воды (до 50 %), механических примесей (до 60 %), а также других компонентов (органических веществ, серной кислоты и т.п.).

Понятно, что исходный состав гудронов является определяющим в выборе технологии и оборудования для их эффективной переработки.

Кислые гудроны с высоким содержанием нефтепродуктов могут перерабатываться с наибольшей экономической эффективностью, а содержащие большие количества воды требуют при переработке высоких энергетических затрат, особенно, при использовании термических методов.

Новая технология и оборудование переработки кислых гудронов

На основании анализа тенденций развития технологий и оборудования для термической переработки нефтяных остатков, тяжелого нефтяного сырья и нефтяных шламов, а также выявления прогрессивных техниче-

ских решений, которые заключаются в создании новых процессов и оборудования, обеспечивающих не простое уничтожение нефтяных отходов, а вовлечение их в хозяйственный оборот путем получения из них ценных сырьевых и топливных ресурсов, разработана новая термическая технология переработки кислых гудронов.

Новая технология основана на термолизе органических составляющих кислого гудрона в среде перегретого водяного пара (паровом термолизе) при температурах 650–700 °С в специальном реакторе.

Продуктами переработки являются жидкие углеводороды, горючий газ и твердый неорганический остаток.

Условно технологический процесс представлен на схеме рис. 1.

Технология основана на обработке отходов перегретым водяным паром при температурах выше 600 °С, в результате чего протекает термическая конверсия (термолиз) органических составляющих отходов с образованием газообразных, твердых и жидких продуктов.

Технология переработки кислых гудронов реализуется в несколько стадий:

- подготовка гудронов к подаче в реактор термолиза, заключающаяся в нейтрализации серной кислоты, а также нейтрализации сернокислотного раствора;
- термолиз нейтрализованного гудрона в реакторе с подачей водяного пара при температурах 650–700 °С;
- вывод из реактора термолиза твердого остатка, охлаждение его до температуры ниже 60 °С в блоке охлаждения и приемки;
- конденсация газов термолиза и охлаждение до температуры ниже 100 °С, удаление из блока

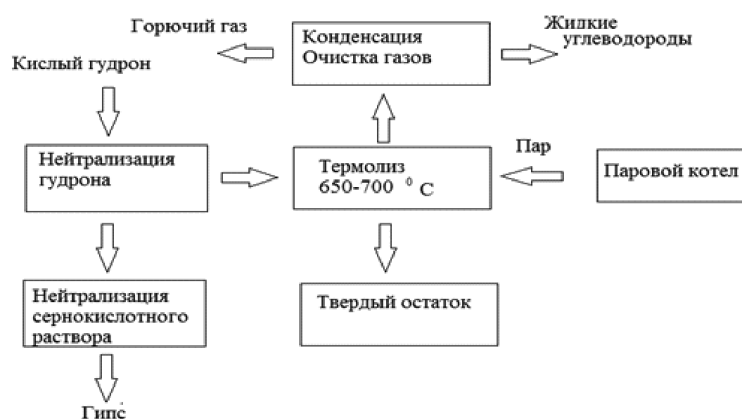


Рис. 1. Схема переработки кислого гудрона

конденсации образующегося конденсата в блок приемки жидких продуктов;

– вывод теплоносителя (продуктов сгорания) из системы обогрева реактора термоллиза, подача их в паровой котел для производства рабочего водяного пара;

Компоновка оборудования для переработки кислых гудронов представлена на рис. 2.

Таблица 1

Технические характеристики оборудования

Характеристика	Ед. изм.	Значение
Производительность	кг/ч	300
Электрическая мощность	кВт	50
Водопотребление и сброс в канализацию	м ³ /ч	0,3
Жидкое топливо	кг/ч	30
Водяной пар	кг/ч	80
Тепловая эффективность	%	70

Из накопителя гудрона (рис. 2) с помощью ковшового погрузчика в блок подготовки загружают кислый гудрон и осуществляют его нейтрализацию.

Учитывая то, что при низких температурах (особенно в зимний период) гудрон представляют собой твердую породу, требуется разогрев его

для снижения вязкости и обеспечения возможности удаления крупных включений (металл, камни, стекло, древесина, полимеры).

Для реализации процесса нагрева гудрона предлагается использование специального оборудования в виде бункера подогрева, обогреваемого горячей водой, в котором установлены специальные механизмы перемешивания (для интенсификации процесса нагрева) и отделения крупных включений.

В качестве теплоносителя для разогрева гудрона используется горячая вода, которая образуется в блоке конденсаторе газов термоллиза. Воду прокачивают через бункер подогрева (трубчатый теплообменник, установленный в бункере) с помощью насоса. Расход воды составляет 800–900 кг/ч. Это вода оборотная, т.е. циркулирует в замкнутом цикле и в окружающую среду не сбрасывается.

Для снижения вязкости гудрон подогревают до температуры не менее $T = 80\text{--}90\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Прошедшую через бункер подогрева воду направляют в кулер, откуда с помощью насоса после охлаждения до температуры $33\text{ }^{\circ}\text{C}$ возвращают в блок конденсации газов термоллиза.

Нагретый до $T = 80\text{--}90\text{ }^{\circ}\text{C}$ гудрон из бункера

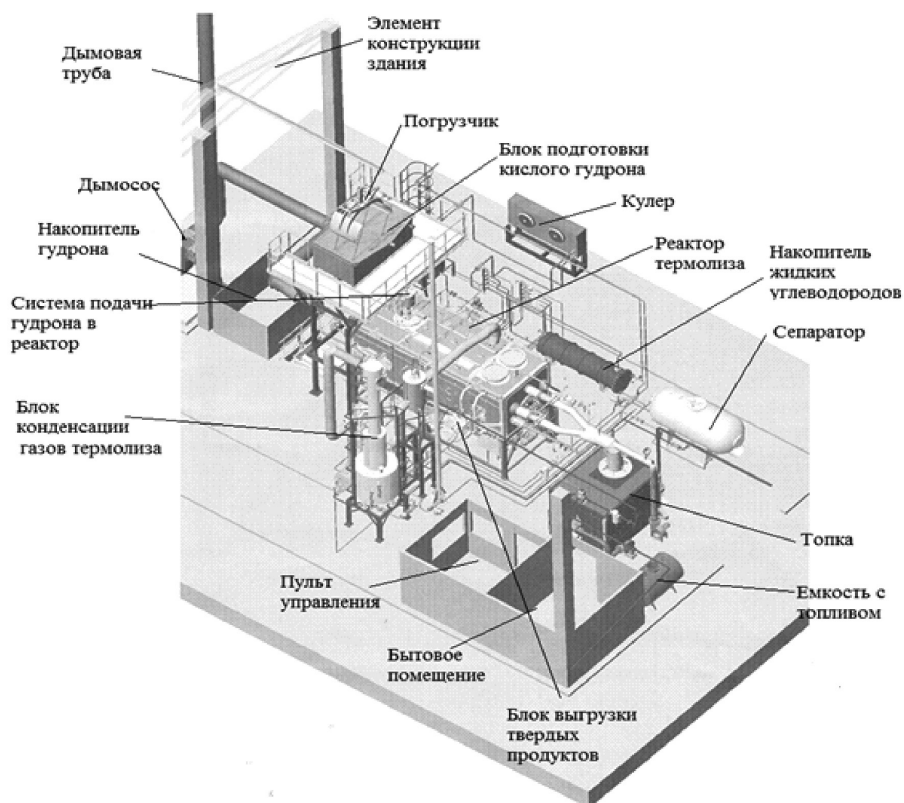


Рис. 2. Схема компоновки оборудования

подогрева в блок подготовки кислого гудрона и осуществляют его нейтрализацию.

Прошедший нейтрализацию гудрон подают в реактор термолитиза, обогреваемый продуктами сгорания, которые подают из топки. При этом одновременно в реактор термолитиза подают водяной пар при температуре 600–650 °С.

В реакторе термолитиза газообразные продукты, которые выделились из гудрона, смешиваются с водяным паром, образуя парогазовую смесь, которую непрерывно выводят из реактора в блок конденсации.

В блоке конденсации газов термолитиза конденсируется водяной пар и часть углеводородов, в результате чего образуется жидкая фаза, содержащая воду и жидкие углеводороды. Жидкую фазу выводят в сепаратор, в котором отделяют воду от жидких углеводородов. Воду через систему фильтрации возвращают в паровой котел для производства рабочего водяного пара, а жидкую фракцию подают в накопитель жидких углеводородов.

Продукты сгорания с помощью дымососа с расходом 900–1000 кг/ч выводят из реактора термолитиза в дымовую трубу.

В случае аварийной ситуации предусмотрены подача в реактор термолитиза азота от системы продувки азотом, а также сжигание газов с помощью системы аварийного сжигания газов термолитиза.

Стадия практической реализации технологии

Новая технология аппаратно оформлена в виде установки для НШ – 300 переработки кислых гудронов, установленной на территории компании ООО «Промышленно-транспортная корпорация» (г. Ангарск, Россия).

Для обеспечения работы установки в качестве материалов используется водяной пар и вода. При этом удельный расход водяного пара ($T = 160$ °С, $P = 0,6$ МПа) составляет 100–300 кг на 1 тонну кислого гудрона, а расход воды 300–400 кг на 1 тонну гудрона. (в зависимости от вида кислого гудрона).

В качестве энергоресурсов используется жидкое топливо (производится в процессе паротермолитиза гудрона, удельная теплота сгорания 40 МДж/кг) в количестве 40–50 кг на 1 тонну гудрона, а также используется электрическая энергия в количестве 60–80 кВт.ч на 1 тонну кислого гудрона (в зависимости от влажности гудрона).

Автоматизированная система управления АСУ ТП НШ – 300 предназначена для управления оборудованием переработки кислых гудронов и состоит из шкафа управления и рабочего места оператора.

В шкафу управления размещено оборудование, обеспечивающее управление необходимого количества электродвигателей приводов, насосов, вентиляторов, электромагнитных клапанов, приводов заслонок. Для этого использованы автоматические выключатели, контакторы, тепловые реле, промежуточные реле управления. В случае необходимости регулирования оборотами электродвигателей использованы преобразователи частоты. Общее энергопотребление шкафа управления – 54 кВт.

Кроме силового оборудования, в шкафу управления размещены промышленный контроллер и модули ввода-вывода аналоговой и дискретной информации. Это оборудование выполняет функции автоматического сбора и обработки информации, а также функции формирования управляющих сигналов, что обеспечивает непрерывность технологического процесса, как в автоматическом, так и в ручном (наладочном) режимах.

Рабочее место оператора представляет собой персональный компьютер, подключенный через локальную сеть Ethernet к промышленному контроллеру, установленному в шкафу управления. На компьютере установлено специальное программное обеспечение (SCADA-система), обеспечивающее сбор и обработку данных в реальном масштабе времени, хранение данных, визуализацию всех параметров и состояния отдельных частей и узлов технологической линии термолитизной переработки нефтяных шламов.

Технологическая линия НШ – 300 на экране монитора представлена в виде мнемосхемы, отражающей внешний вид и функционирование всего оборудования. Оператор имеет возможность управления всеми механизмами как в ручном (отладочном) режиме, так и в автоматическом. На экране монитора в визуальном и цифровом виде представлено состояние всех механизмов – частота оборотов двигателей, положение клапанов и заслонок. В реальном режиме времени выводится информация от датчиков температуры, давления.

В автоматическом режиме осуществляется контроль за значениями всех параметров (температуры, давления, расхода пара). При выходе за границы допустимых значений оператору выводится сообщение и, в зависимости от значения, генерируется сигнал «Внимание» или «Тревога». Также контролируется исправность работы всего оборудования и механизмов – контакторов, частотных преобразователей, двигателей, клапанов.

Автоматические регулирования поддерживают заданные значения контролируемых параметров.

С помощью данного оборудования экспериментально в опытно-промышленных условиях обоснована технология термолизной переработки кислых гудронов.

Экологические показатели технологии

С целью определения экологических показателей технологии переработки кислых гудронов выполнены расчеты рассеивания загрязняющих веществ в атмосфере и предложены нормативы предельно допустимых выбросов.

По результатам расчетов рассеивания определена зона влияния (расстояние от источника, начиная с которого $C < 0,05$ ПДК) от источника выбросов по следующим веществам и группам суммарии: свинец и его неорганические соединения, ртуть, сульфат, азота диоксид, азота оксид, сажа, диоксид серы, оксид углерода и др. Установлено, что наибольшая зона влияния ($0,05$ ПДК) формируется по диоксиду азота и составляет 340 м.

Максимальные приземные концентрации, превышающие 1 ПДК зафиксированы по диоксиду азота на максимальном расстоянии 32 м от источника выбросов.

Таким образом, при выборе места размещения оборудования переработки кислых гудронов необходимо предусмотреть, чтобы нормируемые объекты располагались не ближе 32 м от источника выбросов.

При соблюдении рекомендаций по охране атмосферного воздуха при работе оборудования переработки кислых гудронов воздействие на окружающую среду будет незначительным.

Анализ результатов исследований показал, что по всем изученным показателям технологический процесс удовлетворяет требованиям охраны окружающей среды. Особенно необходимо отме-

тить, что процесс соответствует международным нормативам по выбросам диоксинов.

Перспективы промышленного использования технологии

Предлагаемый технологический процесс и оборудование переработки кислых гудронов в сравнении с известными технологиями имеет следующие преимущества, которые заключаются в высокой энергетической эффективности за счет низкого удельного расхода энергоносителей, обусловленного интенсификацией теплообмена в реакторе, рециркуляции тепловой энергии, высоких экологических показателей технологии.

Универсальность разработанного оборудования заключается в возможности переработки различных видов нефтяных отходов и их композиций, а также в получении газообразных и жидких углеводородов, твердых продуктов, пригодных для многоцелевого использования (топлива, растворители, сырье для нефтехимии, компоненты строительных материалов и др.).

По стоимости комплект оборудования привлекательнее аналогичных образцов вследствие удешевления его изготовления за счет замены дорогих нержавеющей сталей на простые черные с дешевыми защитными покрытиями, что обусловлено низким температурным уровнем технологического процесса, отсутствием агрессивных сред, низким давлением и высокими экологическими параметрами процесса, достигаемым без применения специальных фильтров и систем обезвреживания выбросов.

Маркетинговый анализ показал, что основными потребителем новой техники и оборудования для переработки кислых гудронов являются предприятия занимающиеся транспортировкой и переработкой нефтяных продуктов.

Список использованных источников

1. Аристархов Д.В., Егоров Н.Н., Журавский Г.И., Полесский Э.П., Шаранда Н.С. Паровой термолиз органических отходов. Минск: Ин-т тепло- и массообмена им.А.В.Лыкова НАН Беларуси, 2001. – 135 с.
2. Журавский Г.И., Матвейчук А.С., Фалюшин П.Л. Получение топлив на основе продуктов парового термолиза органических отходов// Инженерно – физический журнал. 2005. Т.78, № 4, с.58 – 62.
3. Журавский Г.И. Топливо из отходов// Наука и инновации, 2012, № 9, с. 10-13.
4. Журавский Г.И., Матвейчук А.С. Процессы термолиза органических материалов в парогазовой среде // XIV Минский международный форум по тепло- и массообмену. Тезисы докладов и сообщений. 10 – 13 сентября 2012 г., с. 61.
5. Журавский Г.И., Матвейчук А.С. Термические технологии получения топлив из органических отходов // Тезисы докладов и сообщений. 10–13 сентября 2012 г. с. 62, пос. Кацивели, Автономная республика Крым, Украина.
6. Журавский Г.И., Матвейчук А.С., Лисай Н.К. Современные технологии переработки нефтесодержащих отходов// Материалы докладов 45 республиканской научно-технической конференции преподавателей и студентов. Витебский государственный университет. Витебск. 2012, с.114–117.
7. Журавский Г.И., Градов А.С., Сусеков Е.С., Шаранда Н.С. Термолизная переработка нефтяных отходов // Тепло- и массоперенос – 2012. Минск: ИТМО им. А.В. Лыкова НАН Беларуси, 2012, с.25–28.