

Интернет-журнал «Отходы и ресурсы» <https://resources.today>
Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling

2019, №2, Том 6 / 2019, No 2, Vol 6 <https://resources.today/issue-2-2019.html>

URL статьи: <https://resources.today/PDF/04ECOR219.pdf>

DOI: 10.15862/04ECOR219 (<http://dx.doi.org/10.15862/04ECOR219>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Камбулова Е.А., Попов В.Г. Переработка отработанных нефтепродуктов с получением вторичных материальных ресурсов // Интернет-журнал «Отходы и ресурсы», 2019 №2, <https://resources.today/PDF/04ECOR219.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/04ECOR219

For citation:

Kambulova E.A., Popov V.G. (2019). Processing of waste oil products to obtain secondary material resources. *Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling*, [online] 2(6). Available at: <https://resources.today/PDF/04ECOR219.pdf> (in Russian) DOI: 10.15862/04ECOR219

УДК 33

Камбулова Елена Андреевна

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», Москва, Россия
Студент 2 курса магистратуры
E-mail: lenakambulova@mail.ru

Попов Владимир Георгиевич

ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта», Москва, Россия
Заведующий кафедры «Химии и инженерной экологии»
Доктор технических наук, профессор
E-mail: vpopov_miit@mail.ru

Переработка отработанных нефтепродуктов с получением вторичных материальных ресурсов

Аннотация. Автором представлен процесс переработки отработанных нефтепродуктов и отходов, загрязненных нефтепродуктами более 15 %, при помощи установки пиролиза, как один из наиболее продуктивных и экологически безопасных. Пиролиз – термический распад органических и многих неорганических соединений.

В статье автор показывает полный технологический процесс переработки отработанных нефтепродуктов с поступление на производственную площадку до переработки отходов. Так показывается экономический эффект для производства.

В статье раскрывается целесообразность метода переработки отработанных нефтепродуктов с получение вторичных материальных ресурсов, заменой природных невозполнимых ресурсов планеты, что актуально на данный момент.

Автор в статье поясняет что такое отработанные нефтепродукты, процессы при которых образуется отход, важность проблемы утилизации и переработки в современном мире.

Актуальность статьи в разработке технологии рациональной утилизации отработанных нефтепродуктов, с получением вторичных материальных ресурсов, что позволит применять полученные материалы повторно.

Новизна исследования заключается в разработке новой технологии утилизации отработанных нефтепродуктов с дальнейшим применением полученных вторичных

материальных ресурсов, с минимальным воздействием на окружающую среду в отличие от других методов переработки или утилизации.

Ключевые слова: пиролиз; нефтешлам; продукты горения; пиролизный газ; сжигание; отработанное масло; вторичные материальные ресурсы

Отработанные нефтепродукты представляют собой смешение, в состав которого входят продукты нефти, механические примеси: глины, минералы, песок – а также вода. Количество разных компонентов в смеси может варьироваться [1].

Отработанные нефтепродукты могут содержать различные примеси (например, свинец), возникнувшие вследствие механического загрязнения и химических реакций, происходящих во время его использования по назначению. Загрязнение отработанных нефтепродуктов может также происходить в результате смешивания с другими маслянистыми жидкостями или жидкими отходами, которые могут значительно воспрепятствовать восстановлению или переработке отработанных нефтепродуктов [2].

Рациональность повторного использования продуктов переработки отработанных нефтепродуктов особенно уместно в связи с большим объемом их формирования. Большую часть жидких отходов естественного происхождения составляют отработанные нефтепродукты. Из выше сказанного, надо учитывать следующие характеристики отработанных нефтепродуктов:

- содержание загрязняющих веществ;
- энергетическая ценность;
- физико-химические свойства.

Основные источники образования отработанных нефтепродуктов:

- предприятия по переработке нефти и хранению нефтепродуктов (включая шламовые амбары, отстойники-ловушки), а также очистки резервуаров;
- металлообрабатывающие производства;
- автосервисы и другие предприятия сферы обслуживания;
- промышленные предприятия;
- сельскохозяйственные предприятия.¹

Шламы являются одним из главных источников образования нефтесодержащих отходов извлекаемых из цистерн, использовавшихся для хранения бензина. При промывке резервуаров под давлением струей воды в шламы входят оксид железа, продукт коррозии и отложений, являются органические и неорганические соединения свинца, абсорбированные или адсорбированные маслом. При наличии в шламе высокотоксичных органических соединений свинца их следует химически и термически окислять для облегчения их последующего удаления [3].

Актуальность метода – это создание совершенно нового процесса переработки и утилизации отработанных нефтепродуктов.

¹ ГОСТ 3900-85. Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотностей. М.: Изд-во стандартов, 1991. – 37 с.

Утилизация отработанных нефтепродуктов, с получением вторичных материальных ресурсов, это масло, песок и вода, это главная цель данного исследования.

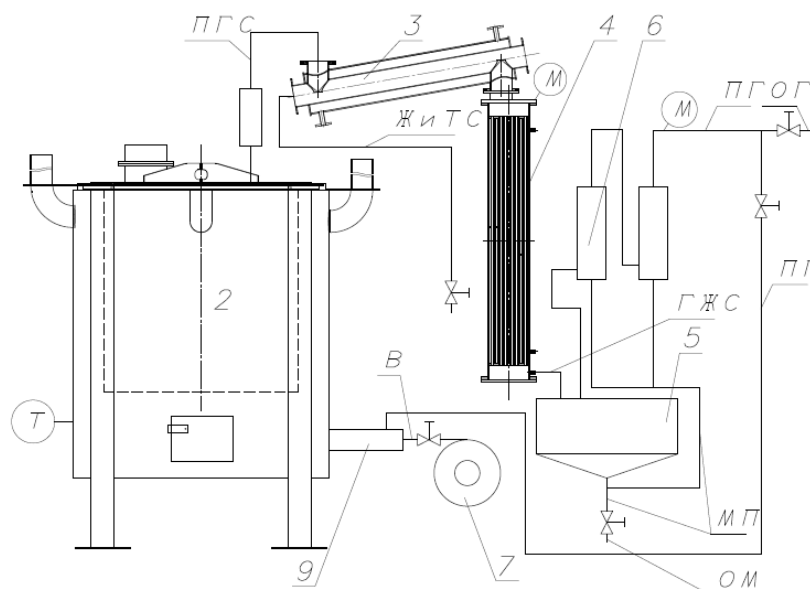
Вода проходит систему очистки с помощью коалесцентного фильтра и направляется в канализационный сток.

Коалесцентный фильтр – это фильтр маслоотделитель тонкой очистки, который удаляет твердые частицы, размером от 0,1 до 5 мкм и снижает концентрацию масла до значения 0,01–0,1 мг/м³. Для корректной работы фильтра необходима предварительная фильтрация – установка двух центробежных фильтров на 25 мкм и 5 мкм. Учитывая характеристики данного фильтра, рекомендуется заменять фильтрующие элементы каждые 12 месяцев или после 8000 рабочих часов [4; 5].

При помощи барабанной сушилки происходит отделение песка, в последствие его продают на производства по цемента или бетона [6].

Использование в качестве сырья отработанных нефтепродуктов, есть одним из рациональных способов его утилизации, т. к. достигается экологический и экономический эффект. Вследствие чего является одним из перспективных методов переработки нефтепродуктов с получением топливных компонентов. Однако при компаундировании отработанных нефтепродуктов с другими компонентами топлива возникает необходимость обеспечения однородности получаемой системы, т. е. ее способности сохранять в течении определенного времени равномерное распределение частиц дисперсной фазы в объеме дисперсионной среды. Кроме устойчивости, к топливной композиции также предъявляют требования сохранения стабильности состава и жидкого состояния продукта при нормальных условиях [7; 8].

Процесс переработки исходного сырья реализуется в соответствии следующей технологической схеме.



2 – ретортная печь; 3 – отсекабель; 4 – конденсатор холодильный; 5 – сборник разделитель; 6 – сепаратор; 7 – вентилятор надувочного воздуха; 8 – горелка 2-х факельная
ПГС – парогазовая смесь; ГЖС – газожидкостная смесь; ПГ – пиролизный газ; МП – масло пиролиза; ОГ – отбор газа; ОМ – отбор масла; В – воздух; М – манометр

Рисунок 1. Система утилизации и обезвреживания нефтесодержащих отходов²

² Минигазимов, Н.С. Утилизация и обезвреживание нефтесодержащих отходов / Н.С. Минигазимов, В.А. Расветалов, Х.Н. Зай-нуллин. Уфа: Экология, 1999. – 299 с.

Печь с загруженной ретортой разжигается. Разжигание осуществляется дровами в течение 60 мин. Количество дров на разогрев составляет 0,3 м³ – для отработанных нефтепродукты.

Через 60 мин. от начала розжига начинается выделение парогазовой смеси (ПГС).

ПГС попадает в отсекаТЕЛЬ. Отсекатель (3) состоит из охлаждающего обода, внутри которого проходит трубопровод с ПГС. В отсекатели происходит первичное отделение (конденсация) воды из ПГС. От отсекателя идет трубопровод с краном, который предназначен для слива из системы первично собранной воды.

Вода, слитая из отсекателя темного цвета с резким неприятным запахом. Содержание нефтепродуктов составляет 73,1 мг/дм³.

В результате 1 цикла пиролиза данного слива образуется до 30 литров.

После отсекателя ПГС попадает в конденсатор-холодильник (4). На входе в конденсатор-холодильник установлен манометр, предназначенный для измерения давления ПГС на входе. Температура охлаждающей воды также контролируется.

В систему охлаждения заливается 5 м³ воды. Вода охлаждается при помощи градирни. Которая состоит из металлической вертикальной емкости из нержавеющей стали вместимостью 15 м³ Вода циркулирует по системе при помощи насоса, производительностью 3 м³/час, мощностью 600 Вт.

Система охлаждения не имеет непосредственного контакта с продуктами пиролиза.

После конденсатора-холодильника газожидкостная смесь (ГЖС) попадает в Сборник-разделитель (5).

Разделитель представляет из себя емкость, разделенную на два отсека. Большой – общий отсек, а меньший – отсек пиролизного топлива.

Вода, содержащаяся в пиролизном топливе, выводится из процесса при помощи отсекателя (3).

Поступивший из сепаратора (6), конденсатора холодильника (4) конденсат попадает в общий отсек сборника разделителя (5). Откуда легкая газовая фракция идет на сепаратор.

Сепаратор (6) служит для осушения пиролизного газа от влаги. В дальнейшем газ используется для поддержания процесса пиролиза. Данная система позволяет полностью извлечь жидкую составляющую из пирогаза без потерь.

Пиролизное топливо по системе трубопроводов перекачивают в специально подготовленную для этого ёмкость.

Выход газа через форсунку вниз. Форсунка состоит 2-х факельной горелки (8) и вентилятора надувочного воздуха (7). Газовая форсунка – это узел автомобильного газового оборудования, предназначенный для точной дозировки газа для достижения оптимальной температуры внутри пиролизной печи.

Расход газа регулируется работой вентилятора надувочного воздуха (7) и контролируется показаниями термодатчика (температура не должна превышать 500 °С). При повышении температуры выше указанной следует уменьшить расход газа путем снижения оборотов вентилятора.

Излишки пиролизного газа направляются на факел. Рекомендуется оборудование факела в закрытом виде, т. е. оборудование факельной установки «внутреннего» сгорания, которая

выполняется в виде барабана из металлической огнеупорной трубы диаметром 300 мм и высотой 3 м с отверстиями по корпусу.

В состав исходного сырья входит технический углерод, образующийся в процессе пиролиза.

В состав парогазовой смеси входят пары углеводородов, паров воды и неконденсирующихся горючих газов. Парогазовая смесь после охлаждения и ректификации получаем жидкую топливную фракцию, которая представляет собой смесь углеводородов [9].

Газовая фракция представляет собой смесь различных летучих углеводородов, выделяемых из сырья в процессе пиролиза [10].

Применение полученных продуктов.

Пиролизный газ сходный с природным газом. Для сокращения влияния выбросов от пиролизной установки, газ сжигается в форсунке, для поддержания процесса пиролиза, однако, газа на определенной стадии пиролиза образуется с избытком. Пиролизный газ можно свободно применять в качестве топлива на отопительных котельных.

Пиролизное топливо можно использовать в качестве печного топлива.

Зольный остаток можно использовать в качестве наполнителя в производстве резинотехнических изделий. Так же он используется для производства красок.

Зольный остаток низкого качества широко применяется в строительстве, а ещё зольный остаток применяется в качестве твердого топлива, а также возможно использование для приготовления модифицированного жидкого топлива, в качестве сорбента, заменителя активированного угля.

Вторичные материальные ресурсы произведенные в процессе переработки отработанных нефтепродуктов нуждаются в дополнительных переработках для более качественных продуктов переработки. Экономически целесообразное применение пиролизного топлива можно использовать по двум направлениям. Это применение в производстве асфальтобитумных смесей и переработка в светлые нефтепродукты (бензин и дизельное топливо) на нефтеперерабатывающих заводах.³

Был произведен расчет экономической эффективности установки на производственные площадки по утилизации отходов.

Продолжительность технологического процесса переработки отработанных масел методом пиролиза с загрузкой и выгрузкой в реактор составляет 8 часов.

При режиме работы в 1 смену (8 часов) 260 дней в году.

Сменная производительность установки (8 часов) составляет 1 000 кг сырья. В год установка перерабатывает 260 т.

Сменная производительность Установки по выходу продукции:

- по топливу пиролизному – 400 кг/сут.;
- по зольному остатку – 400 кг/сут.;
- по газу – 400 кг/сут.

³ <https://interactive-plus.ru/e-articles/601/Action601-485972.pdf>.

Произведем расчет использования пиролизного топлива в автопарк площадки по утилизации отходов.

Для начала следует перевести 400 кг в литры.

$$V = m / \rho = 400 / 9,85 = 41 \text{ л.}$$

После разгонки пиролизного топлива по среднестатистическим данным получается:

- Бензин – 25 %.
- Дизельное топливо – 50 %.
- Мазут – 24 %.

То есть за сутки получается:

- Бензин = 10,25 л.
- Дизельное топливо = 20,5 л.
- Мазут 9,8 л.

На примере рассмотрим автомобиль (тип КАМАЗ) объем топливного бака 240 л. С расходом топлива 30 л на 100 км.

$$\text{Работа установки} = 240 \text{ л} / 20,5 \text{ л} = 11,7 \text{ дней}$$

$$\text{Работа автомобиля} = 240 \text{ л} / 30 \text{ л} = 8 \text{ дней}$$

Для полной заправки автомобиля и его работы продолжительностью 8 рабочих дней необходимо около 11,7 дней работы пиролизной установки.

С учетом изменения работы реактора и изменения рабочих циклов можно регулировать работу установки в нужных параметрах для предприятия. Следуя из этого можно сказать, что работа пиролизной установки является экономически эффективным, так как затраты на покупку топлива если и будут, то минимальные.

В результате проделанных опытов можно сделать вывод, что при изменении работы реактора и при установке дополнительных резервуаров, можно регулировать получение пиролизного топлива, так как оно наиболее выгодно с экономической точки зрения. Следовательно, не только утилизировать отработанные масла, но и получение продуктов пиролиза, которые могут быть использованы потребителями, но и заменить свои аналоги из природного сырья сократив использование невозполнимых природных нефтяных ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леффлер У.Л. Переработка нефти / Petroleum refining / Пер. с англ. – 2-е изд., пересмотр. – М.: ЗАО "Олимп-Бизнес", 2007. – 227 с.
2. М.М. Судо, Р.М. Судо. Нефть и углеводородные газы в современном мире; 2008.
3. Батуева И.Ю., Гайле А.А., Поконова Ю.В. Химия нефти. Под редакцией З.И. Сюняева. Ленинград: Химия, 1984.
4. Технология переработки нефти и газа и производства масел: Методич. указ. к выполнению курсового проекта для студ. всех форм обучения для специальности 080502/(н) Экономика и управление на предприятии нефтяной и газовой промышленности / Сост.: Е.Е. Никитин, В.В. Васильев, Е.В. Саламатова. – СПб: СПбГИЭУ, 2008. – 34 с.
5. Пузин Ю.И. Химия нефти и газа. – М.: Химия, 2004. – 132 с.
6. Шантарин, В.Д. Реактор для переработки органических отходов / В.Д. Шантарин, А.В. Коровин, А.В. Медведев и др. // Изв. вузов. Нефть и газ. 2003. – № 5. – С. 111–114.
7. Пеганов, В.И. Минизавод по переработке нефтешламов / В.И. Пеганов, А.К. Курочкин, А.А. Курочкин // Нефтегазовые технологии. 2002. – № 1. – С. 26–34.
8. Магарил Р.З. Теоретические основы химических процессов переработки нефти: учеб. пособ. – М.: КДУ, 2008. – 280 с.
9. Баннов П.Г. Процессы переработки нефти. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2000. – 224 с.
10. Ключник А.К., Курмышева А.Ю. Рациональная утилизация отработанных масел Scientific Cooperation Center "Interactive plus" ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет» г. Москва 2019 г.

Kambulova Elena Andreevna

Russian university of transport, Moscow, Russia
E-mail: lenakambulova@mail.ru

Popov Vladimir Georgievich

Russian university of transport, Moscow, Russia
E-mail: vpopov_miit@mail.ru

Processing of waste oil products to obtain secondary material resources

Abstract. The author presents the process of processing waste oil and waste contaminated with oil products more than 15 %, using the pyrolysis unit, as one of the most productive and environmentally friendly. Pyrolysis – thermal decomposition of organic and many inorganic compounds.

In the article, the author shows the complete technological process for the processing of waste petroleum products from entering the production site prior to recycling. This shows the economic effect for production.

The article reveals the feasibility of the method of processing waste petroleum products with the receipt of secondary material resources, the replacement of the natural irreplaceable resources of the planet, which is relevant at the moment.

The author in the article explains what waste oil products are, the processes by which waste is formed, the importance of the problem of utilization and processing in the modern world.

The relevance of the article in the development of technology for the rational utilization of waste petroleum products, with the receipt of secondary material resources, which will allow to use the materials obtained repeatedly.

The novelty of the research lies in the development of a new technology for the utilization of waste petroleum products with the further application of the obtained secondary material resources, with minimal impact on the environment, unlike other methods of processing or utilization.

Keywords: the pyrolysis of the sludge; combustion products; pyrolysis gas; incineration; used oil; secondary material resources

REFERENCES

1. Leffler U.L. (2007). *Petroleum refining*. [Russ. ed.: Pererabotka nefi. Moscow: Olympus Business, p. 227].
2. Sudo M.M., Sudo R.M. (2008). Neft' i uglevodorodnye gazy v sovremennom mire. [*Oil and hydrocarbon gases in the modern world.*]
3. Batueva I.Yu., Gayle A.A., Pokonova Yu.V. (1984). Khimiya nefi. Ed. by 3.I. Syunyaeva. [*Oil chemistry.*] Leningrad: Chemistry.
4. Nikitin E.E., Vasil'ev V.V., Salamatova E.V. (2008). Tekhnologiya pererabotki nefi i gaza i proizvodstva masel. [*Technology of oil and gas processing and oil production.*] Saint Petersburg: St. Petersburg State University of Engineering and Economics, p. 34.
5. Puzin Yu.I. (2004). Khimiya nefi i gaza. [*Chemistry of oil and gas.*] Moscow: Chemistry, p. 132.
6. Shantarin V.D., Korovin A.B., Medvedev A.B. and etc. (2003). Reactor for processing organic waste. *News of universities. Oil and gas*, 5, pp. 111–114 (in Russian).
7. Peganov V.I., Kurochkin A.K., Kurochkin A.A. (2002). Mini-plant for processing oil sludge. *Oil and gas technology*, 1, pp. 26–34 (in Russian).
8. Magaril R.Z. (2008). Teoreticheskie osnovy khimicheskikh protsessov pererabotki nefi. [*Theoretical foundations of chemical refining processes.*] Moscow: book house university, p. 280.
9. Bannov P.G. (2000). Protsessy pererabotki nefi. [*Oil refining processes.*] Moscow: TsNIITeneftekhimiya, p. 224.
10. Klyushnik A.K., Kurmysheva A.Yu. (2019). Ratsional'naya utilizatsiya otrabotannykh masel Scientific Cooperation Center "Interactive plus". [*Rational utilization of waste oils Scientific Cooperation Center "Interactive plus".*] Moscow: Moscow Polytechnic University.