

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2022, №5, Том 14 / 2022, No 5, Vol 14 <https://esj.today/issue-5-2022.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/28NZVN522.pdf>

Ссылка для цитирования этой статьи:

Наумова, О. В. Новая технология глубокой переработки нефти / О. В. Наумова, Д. С. Катков, Е. В. Спиридонова // Вестник евразийской науки. — 2022. — Т. 14. — № 5. — URL: <https://esj.today/PDF/28NZVN522.pdf>

For citation:

Naumova O.V., Katkov D.S., Spiridonova E.V. New technology of deep oil refining. *The Eurasian Scientific Journal*, 14(5): 28NZVN522. Available at: <https://esj.today/PDF/28NZVN522.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 665.62; 665.63; 665.65

Наумова Ольга Валерьевна

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Саратов, Россия
Доцент
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: uunaumov@mail.ru
РИНЦ: https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=393383

Катков Данила Сергеевич

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Саратов, Россия
Доцент
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: syberberg@yandex.ru
РИНЦ: https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=674883

Спиридонова Елена Владимировна

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова», Саратов, Россия
Доцент
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: spiritlena77@yahoo.com
РИНЦ: https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=713953

Новая технология глубокой переработки нефти

Аннотация. В рамках национальной программы перехода от сырьевой к инновационной модели экономического роста предлагается устройство и нетрадиционная технология переработки нефти и углеводородного сырья, которые являются ключевым фактором развития экономики России. Разработка нового направления основана на глубокой переработке нефти за счёт использования энергии ионизирующего излучения. Ионизирующее излучение — это электромагнитное излучение. Сложность его применения обуславливается грамотным подбором дозы облучения и разработкой оборудования для обработки нефти. В статье описывается универсальное устройство для инициирования химических реакций в нефтепродуктах при их переработке, которое может быть встроено в существующих технологический процесс без его изменения.

Использование предлагаемого технического решения при каталитическом крекинге тяжёлой нефти в среде водорода позволяет существенно сократить расход сырой нефти на производство одной тонны моторного топлива, так как радиационное воздействие можно уподобить самому мощному катализатору. Существующая технология преобразования сырья не позволяют достичь необходимой глубины разложения нефти, которая на 19–28 % ниже

уровня индустриально развитых государств, и, соответственно, качество конечных продуктов не соответствует современным перспективным требованиям.

Работы и проведенные исследования по использованию энергии облучения сырья ионизирующим излучением, указывают на увеличение глубины разложения нефти и ее продуктов в процессе переработки, что способствует повышению выхода светлых нефтепродуктов, снижению содержания серы и непредельных углеводородов, следовательно, приводит к повышению качества товарной нефти и ее стоимости на мировом рынке. Увеличение глубины переработки нефтепродуктов позволит получить качественный бензин с высоким октановым числом. Глубина переработки нефтяной продукции также влияет на экологию производства, позволяя снизить количество серы и непредельных углеводородов.

Ключевые слова: нефтяная продукция; ионизирующее излучение; глубокая переработка; качество; высокое октановое число

Введение

Нефтеперерабатывающая и нефтехимическая промышленность относится к группе отраслей, обеспечивающих технический прогресс и высокие темпы развития народного хозяйства. Основным процессом нефти переработки является перегонка, при которой отбираются следующие нефтепродукты: бензины (авиационный или автомобильный), реактивное топливо, осветительный керосин, дизельное топливо и мазут. Создание предприятия нового поколения для нефтепереработки не мыслимо без разработки нового технического решения способного увеличить глубину разложения нефти и её продуктов в процессе переработки при высокой экологии производства. Существующий процесс переработки нефти, включающий каталитический крекинг в присутствии катализаторов при температуре 450–520°C и давлении 0,2–0,3 МН/м², не обеспечивает полного удаления в продуктах серы и непредельных углеводородов. Сложившаяся структура и технология преобразования сырья не позволяют достичь необходимой глубины разложения нефти, которая на 19–28 % ниже уровня индустриально развитых государств, и, соответственно, качество конечных продуктов не соответствует современным перспективным требованиям¹.

Известно, что состав нефти, как правило, неоднороден и изменение реологических свойств в большей степени зависит от региона добычи, а, следовательно, нефтепродукты, полученные из нефти, добытые в одном месте, отличаются от нефтепродуктов, полученных с другого месторождения. Кроме того, состав углеводородов в нефти и соответственно в продуктах переработки, может меняться как при добыче нефти в пределах одного месторождения, так и временного фактора добычи. Современный уровень развития нефтепереработки вынуждает предприятия совершенствовать технологические процессы, внедрять перспективные технологии. Дело в том, что существующие методики повышения коэффициента нефтеотдачи основаны лишь на физических свойствах нефти, а необходимо больше уделять внимания использованию химических свойств.

Состав нефти и наличие различных включений оказывает серьезное влияние на ресурс линейной части магистральных нефтепроводов и магистральных нефтеперекачивающих станций [1–3].

¹ Информационный портал коммуникационного агентства «Neftegaz.RU» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://neftgaz.ru/science/pererabotka/332243-osnovnye-tekhnologicheskie-protsessy-toplivnogo-proizvodstva-neftepererabotka-kratko/> (дата обращения: 26.09.2022).

Это также вынуждает после последующей переработки применять для получения моторных масел с повышенными характеристиками пакеты специализированных присадок^{2,3}.

Поэтому для рационального использования сырья и получения высокоиндексных компонентов нефтяных базовых масел и горючего из нефтепродуктов с определённым составом, требуются совершенные технологии и высокоэффективные устройства для углублённой переработки нефти [4–6].

Состояние вопроса и постановка задачи. Предлагаемое устройство

Высокий спрос на мировом рынке высококачественных горюче-смазочных материалов с более высокой теплотой сгорания и без примесей, дал толчок к разработке способа переработки нефти и нефтепродуктов путём воздействия энергией ядерного расщепления потоком нейтронов с последующей переработкой продуктов путём перегонки [3].

Однако использование потока нейтронов делает процесс трудно управляемым, а высокая степень наведённой радиоактивности в готовом продукте затрудняет его использование в промышленном производстве.

Учёные национального университета им. Аль-фараби (г. Алматы) разработали устройство и технологию переработки мазута путём использования энергии ускорителя электронов для стимулирования реакций распада молекул исходного продукта на низкомолекулярные компоненты². В этом плане приоритетным направлением в переработке нефти, мазута и продуктов углеводородного сырья может стать радиационно-термический метод путём облучения высокоэнергетическими электронами, тормозными гамма-квантами или фотонами различных энергий^{4,5,6,7} [5]. Работы по использованию энергии облучения сырья ионизирующим излучением, указывают на увеличение глубины разложения нефти и ее продуктов в процессе переработки, что способствует повышению выхода светлых нефтепродуктов, снижению содержания серы и непредельных углеводородов.

На рисунке 1 изображено устройство для инициирования химических реакций при переработке нефти и нефтепродуктов.

² Пат. RU 2578043 С9. Масло моторное / А.Г. Ширшов, Н.П. Аверина, В.П. Попов, А.А. Алексакин, А.В. Исаев, С.В. Дунаев, А.С. Марталов. — Оpubл. 20.03.2016.

³ Разработка рекомендаций по применению приработочных присадок и по совершенствованию системы очистки масла при обкатке двигателей на испытательных стендах: отчет о НИР / рук. темы В.И. Цыпцын. — № ГР 01.87.0002380; Инв. № 02.88.0043143. — Саратов, 1987. — 42 с.

⁴ Способ получения моторного масла. Авторское свидетельство № 1482177 СССР, от 01.06.87. / Лышко Г.П., Лакуста И.Г., Краснолуцкий Г.П., Лышко С.Г.

⁵ Надиров Н.К., Зайкина Р.Ф., Зайкин Ю.А. Способ переработки нефти и нефтяных остатков. Патент РФ № 9404341, 1994.

⁶ Способ переработки нефти и нефтепродуктов. Патент на изобретение № 2100404 РФ, от 04.12.1995. Бюл. № 36 от 1997. / Чесноков Б.П., Кирюшатов О.А., Вашенков Е.Г., Вайцуль А.Н., Аблова Л.М.

⁷ Способ инициирования химических реакций в процессе переработке нефти и нефтепродуктов и устройство для его осуществления. Патент на изобретение № 2142496 РФ, от 05.05.1997. Бюл. № 34 от 10.12.1999. / Чесноков Б.А., Надиров Н.К., Кирюшатов О.А., Кирюшатов А.И., Зайкин Ю.А., Зайкина Р.Ф., Вайцуль А.Н.

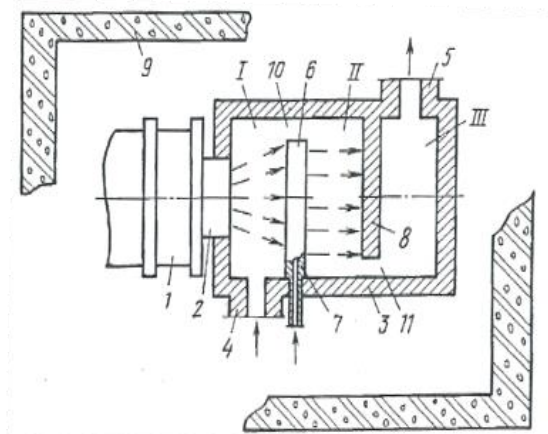


Рисунок 1. Устройство для инициирования химических реакций^б

Устройство включает ускоритель электронов 1, окно для ввода пучка заряженных частиц 2, представляющее берилловое окно, встроенное в стенку рабочей камеры 3, входной и выходной патрубки 4 и 5 для подвода и отвода обрабатываемого сырья, вольфрамовую мишень 6 для формирования тормозных гамма квантов с камерой охлаждения, размещенной во внутренней полости 7 мишени, перегородку 8 и защитный радиационный экран 9. Вольфрамовая мишень 6 выполнена в виде перегородки, установленной в рабочей камере 3 напротив окна 2 ввода пучка заряженных частиц. Вольфрамовая мишень 6 и перегородка 8 контактируют каждая с тремя стенками рабочей камеры, образуя с четвертой стенкой камеры окна 10 и 11 для прохода потока обрабатываемого сырья. Окна 10 и 11 расположены у противоположных стенок камеры, так что проходящий поток сырья омывает мишень и перегородку, которые разделяют рабочую камеру на три зоны: реакторную зону I, зону активирования II и выходную зону III.

Камера зоны активирования II выполнена в виде лабиринтного устройства, обеспечивающего многократное прохождение потока в зоне воздействия гамма-квантов. В зоне активирования II между вольфрамовой мишенью 6 и перегородкой 8 при необходимости размещают катализатор гранулированный или порошковый, например, цеолитсодержащий. В этом случае рабочую камеру снабжают дополнительными патрубками для загрузки и выгрузки катализатора (на чертеже не показано). Внутренняя полость 7 вольфрамовой мишени 6 снабжена каналами для системы охлаждения.

Использование предлагаемого технического решения при каталитическом крекинге тяжелой нефти в среде водорода позволяет существенно сократить расход сырой нефти на производство одной тонны моторного топлива, так как радиационное воздействие можно уподобить самому мощному катализатору. Облучение приводит к нарушению любых химических связей в веществе, при этом чем сложнее связь, в нашем случае, чем тяжелее фракции, тем эффективнее это воздействие, инициирующее утрату связей-расщепление, разложение. Отмеченное разрушение связей с консервацией разорванных путём захвата Комpton-электронов, делает качество продукта практически независимым от условий хранения и транспортировки. Благодаря каталитическим превращениям, открывается возможность выхода многих продуктов против их естественного содержания в нефти и является современным средством формирования структуры сырья для химии и нефтехимии.

Описанное устройство может быть подсоединено к любым устройствам по переработки нефти и нефтепродуктов, например к установке прямой перегонки нефти (рис. 2), при этом выходной патрубков. 5 рабочей камеры соединяют с нижней частью ректификационной колонны 13.

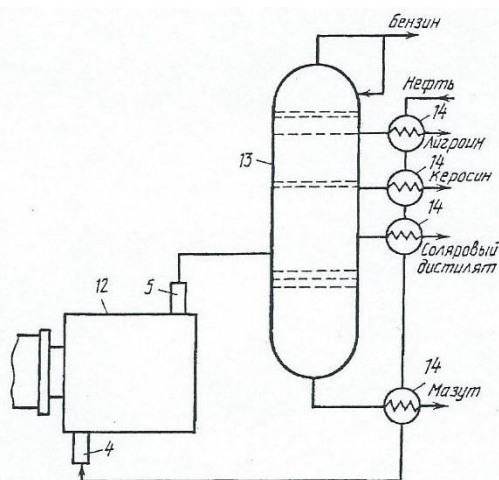


Рисунок 2. Схема для прямой перегонки нефти ⁷

Способ инициирования процесса осуществляют следующим образом. Поток подготовленной к переработке нефти или нефтепродуктов подводят через входной патрубок 4 и пропускают через устройство инициирования химической реакции. При этом в реакторной зоне I поток сырья подвергают воздействию потока электронов, проходящих в камеру через окно 2 ввода пучка. При этом нефть или нефтепродукты разогреваются и начинается процесс их разложения. Далее поток сырья с ингредиентами разложения через окно 10 попадает в зону II, где происходит дополнительное активирование продуктов разложения как за счет воздействия гамма квантов, выбиваемых из вольфрамовой мишени потоком электронов, так и за счет активационной способности катализатора. Далее поток нефти и продуктов разложения поступает на следующую технологическую операцию для дальнейшей переработки.

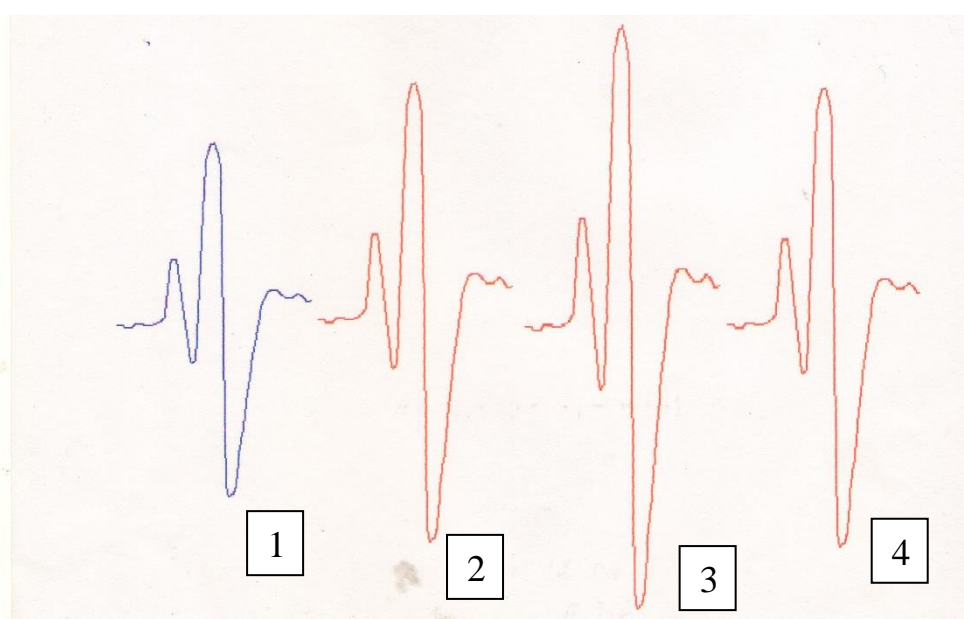


Рисунок 3. Изменение ЭПР сигнала нефти от характера обработки: 1 — необработанная, обработанная гамма-квантами дозой: 2 — $2,9 \cdot 10^2$ кГр, 3 — $1,2 \cdot 10^3$ кГр, 4 — $6,9 \cdot 10^3$ кГр (разработано авторами)

Сложный характер микропроцессов, имеющий место при разложении нефти и нефтепродуктов под воздействием ионизирующего излучения, может быть изучен лишь специальными методами, имеющими разрешающую способность, соизмеримую с флуктуациями течения физико-химических явлений, то есть на уровне возможностей

нанотехнологий. Изменения состояния «дефектности» молекул вещества исследовались различными физико-химическими методами в том числе и методом электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) на радиоспектрометре РЭ-1306 трёхсантиметрового диапазона. Результаты экспериментов свидетельствуют об изменении стехиометрии при воздействии на нефть ионизирующего излучения, о чём свидетельствует интенсивность линий ЭПР в сравнении с эталонным спектром. Причём интенсивность сигнала (рис. 3) пропорциональна количеству поврежденных молекулярных связей при этом глубина расщепления в значительной степени зависит от дозы облучения до определённого значения, после чего интенсивность линий ЭПР начинает спадать.

Результаты исследований

Полученные результаты свидетельствуют о том, что состояние нефти с некомпенсированными молекулами неустойчиво и компоненты углеводородного сырья, переходя в состояние высшей валентности, готовы к расщеплению в процессе синтеза. Теоретическая зависимость ожидаемых результатов от режимов обработки подтверждена экспериментально.

Используя энергию излучения на начальном этапе обработке сырья, удастся увеличить выход светлых нефтепродуктов путём нарушения химических связей нефти и инициирования химических реакций в процессе её переработки. В соответствии с исследованиями, проведенными на пилотной установке в лаборатории радиационной физики при КазГУ им. аль-Фараби были получены результаты, приведенные в таблице 1.

Таблица 1

Результаты исследований

Показатели	Единица измерения, %	Термический крекинг мазута	Радиационно-термический крекинг мазута
1. Мощность по мазуту. Выход светлых фракций	тыс. тонн	2000/100 %	2000/100 %
1.1 Стационарные условия		720/36 %	1600/80 %
1.2 Проточные условия			1000/50 %
в том числе			
1.2.1 Бензина		340/17 %	370/18,5 %
1.2.2 Дизельного топлива		380/18 %	630/31,5 %
Качество бензина (октановое число)		76–78	76–80

Составлено авторами

Заключение

Результаты позволили сделать вывод о практическом использовании предлагаемого технического решения в нефтеперерабатывающей промышленности, которое на 10–15 % повышает выход светлых нефтепродуктов при одновременном снижении содержания в них серы с исходной концентрации более 1,5 % до 0,04 %. Новая технология позволит улучшить условия деструктивной переработки нефтяного сырья и расширить сырьевую базу получения моторных топлив и масел. Путём увеличения глубины переработки нефтепродуктов удастся обеспечить постоянство и стабильность эффекта, гарантирующего стандартизацию качества получаемых узкофракционных продуктов с высокой степенью повторяемости. Это открывает возможность наладить производство готовых нефтепродуктов, чтобы экспортировать не сырую нефть, а высокого качества моторное топливо, смазочные материалы и непредельные углеводородные соединения для химической промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Катков, Д.С. Повышение надежности трубопроводного транспорта нефти и нефтепродуктов увеличением ресурса трибосопряжений насосного оборудования [Электронный ресурс] / Д.С. Катков, О.В. Наумова, Е.В. Спиридонова // Вестник Евразийской науки. — № 2, Т. 12, 2020. — ISSN 2588-0101. Режим доступа: <https://esj.today/PDF/04SAVN220.pdf> (дата обращения: 03.04.2020)
2. Катков, Д.С. О перспективах повышения долговечности магистральных нефтеперекачивающих агрегатов методом финишной антифрикционной безабразивной обработки [Текст] / Д.С. Катков // Сборник научных трудов III Международной научно-практической конференции «Научно-технические проблемы совершенствования транспорта энергоносителей и развития систем газоснабжения, водоснабжения и водоотведения». — Саратов: СГТУ, 2020. — с. 149–151. — ISBN978-5-7433-3310-3.
3. Машков Ю.К. Повышение эффективности нефтеперекачивающих станций магистральных нефтепроводов [Электронный ресурс] / Ю.К. Машков, А.А. Гладенко, З.Н. Овчар // «СибВПКнефтега-2000» — этап реализации. — Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-effektivnosti-nefteperekachivayuschih-stantsiy-magistralnyh-nefteprovodov> (дата обращения 26.09.2022).
4. Смидович, Е.В. Технология переработки нефти и газа. Ч. 2. Крекинг нефтяного сырья и переработка углеводородных газов. — М.: Химия, 1080.
5. Мухленов И.П. и др. Общая химическая технология: Учебник для химико-технологической специальности вузов. Т. 2. Важнейшие химические производства — М.: Высшая школа 1984. С. 55–71.

Naumova Olga Valerevna

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russia
E-mail: uunaumov@mail.ru
RSCI: https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=393383

Katkov Danila Sergeevich

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russia
E-mail: syberberg@yandex.ru
RSCI: https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=674883

Spiridonova Elena Vladimorovna

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia
E-mail: spirilena77@yahoo.com
RSCI: https://www.elibrary.ru/author_profile.asp?id=713953

New technology of deep oil refining

Abstract. Within the framework of the national program of transition from raw materials to an innovative model of economic growth, a device and an unconventional technology for processing oil and hydrocarbon raw materials are proposed, which are a key factor in the development of the Russian economy. The development of a new direction is based on deep oil refining through the use of ionizing radiation energy. Ionizing radiation is electromagnetic radiation. The complexity of its application is due to the competent selection of the radiation dose and the development of equipment for oil treatment. The article describes a universal device for initiating chemical reactions in petroleum products during their processing, which can be integrated into existing technological processes without changing it.

The use of the proposed technical solution for the catalytic cracking of heavy oil in a hydrogen environment can significantly reduce the consumption of crude oil for the production of one ton of motor fuel, since the radiation effect can be likened to the most powerful catalyst. The existing technology of conversion of raw materials does not allow to achieve the required depth of decomposition of oil, which is 19–28 % lower than the level of industrially developed countries, and, accordingly, the quality of the final products does not meet modern prospective requirements.

The work and research conducted on the use of the energy of irradiation of raw materials with ionizing radiation indicate an increase in the depth of decomposition of oil and its products during processing, which contributes to an increase in the yield of light petroleum products, a decrease in the content of sulfur and unsaturated hydrocarbons and, consequently, leads to an increase in the quality of commercial oil and its value on the world market. Increasing the depth of processing of petroleum products will allow you to get high-quality gasoline with a high octane number. The depth of processing of petroleum products also affects the ecology of production, allowing to reduce the amount of sulfur and unsaturated hydrocarbons.

Keywords: petroleum products; ionizing radiation; deep processing; quality; high octane number