

Р. И. Нигметов, А. Ф. Нурахмедова, Н. В. Попадин

ОБ ОБЛАГОРАЖИВАНИИ ВЫСОКОСЕРНИСТОГО МАЗУТА АСТРАХАНСКОГО ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТА

Процесс каталитической гидропереработки остаточного газоконденсатного сырья является одним из направлений улучшения качества и расширения ассортимента выпускаемой на предприятии продукции. Гидрокаталитическая технология облагораживания высокосернистого мазута заключается в его термообработке при повышенном давлении водорода, выступающего в качестве реагента, в присутствии катализаторов, что приводит к снижению концентрации примесей (металлов, соединений серы и азота) в продукте. Предложена и обоснована принципиальная технологическая схема установки каталитической гидрогенизации мазута Астраханского газоперерабатывающего завода, приведены основные технологические параметры для осуществления процесса. Проведена предварительная экономическая оценка квалифицированной переработки 500 т/год мазута. Для разработки технологии квалифицированной переработки мазута создана экспериментальная установка, работающая под высоким давлением, определен диапазон основных параметров экспериментальных исследований. Облагораживание астраханского мазута с использованием гидрогенизационного каталитического процесса позволит получить высококачественный нефтепродукт с содержанием серы менее 1 % масс. Использование гидрогенизата целесообразно в качестве компонента судового топлива, т. к. позволяет снизить экологическую нагрузку от воздействия выбросов продуктов сгорания топлив.

Ключевые слова: мазут, содержание серы, облагораживание, процесс каталитической гидрогенизации, катализатор, температура, давление, объёмная скорость подачи сырья, кратность циркуляции водородсодержащего газа, лабораторная установка.

Введение

При первичной переработке газового конденсата Астраханского газоконденсатного месторождения, осуществляемой на установке атмосферной перегонки Астраханского газоперерабатывающего завода (ГПЗ), высококипящие фракции (выше 350 °С) остаются в кубовом остатке. Выход кубового остатка составляет 13–15 % масс. на газовый конденсат. Этот продукт реализуют потребителю как котельное топливо марки 100 ГКТ (ТУ ТУ-0252-060-05780913-98) либо как топливо марки М-100 (ГОСТ 10585-2013).

Одной из характерных особенностей астраханского мазута является высокое содержание общей серы – 2,7–2,9 % масс. Присутствие сераорганических соединений в котельном топливе негативно сказывается на окружающей среде, поскольку продуктами сгорания такого топлива являются сернистый ангидрид и другие вредные соединения серы (сероуглерод, сероокись углерода). При увеличении объемов получаемого газоконденсатного мазута, что ожидается по завершении реконструкции производственных объектов Астраханского ГПЗ, и дальнейшем использовании высокосернистого мазута в качестве топлива на котельных, суммарное количество сернистых соединений, поступающих в атмосферу, оценивается на уровне 30 тыс. т/год [1].

Облагораживание высококипящих фракций астраханского газового конденсата

Оптимальным способом облагораживания высококипящих фракций астраханского газового конденсата в целях снижения содержания соединений серы, на наш взгляд, является процесс каталитической гидрогенизации.

Механизм гидрогенолиза тиофена, дибензтиофена и их гомологов хорошо изучен и может быть продемонстрирован, например, схемой, изображенной на рис. 1.

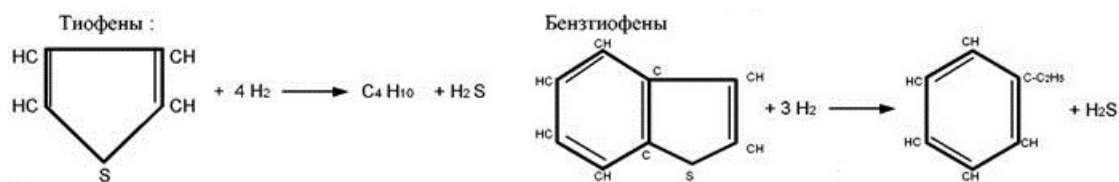


Рис. 1. Схема химических реакций тиофена и бензтиофена с водородом

Основные химические превращения в процессе каталитической гидрогенизации по предлагаемому способу облагораживания газоконденсатного остатка протекают в реакторе со стационарным слоем катализатора. При этом гидрогенолиз серосодержащих компонентов происходит без значительной деструкции углеводородных соединений.

Принципиальная технологическая схема установки каталитической гидрогенизации приведена на рис. 2.

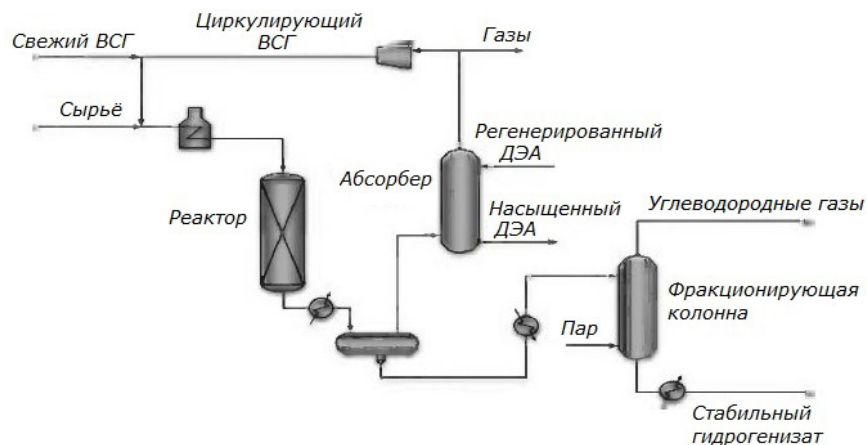


Рис. 2. Принципиальная технологическая схема установки каталитической гидрогенизации тяжелого углеводородного сырья: ВСГ – водородсодержащий газ; ДЭА – диэтиламин

Процесс осуществляется при температуре 370–410 °С, давлении 8–13 МПа, объемной скорости подачи сырья 0,2–0,5 ч⁻¹, кратности ВСГ выше 500 нм³/м³. В качестве катализаторов используют алюмокобальтмолибденовые и алюмоникельмолибденовые катализаторы.

Данный процесс характеризуется высокой (70–90 % масс.) степенью обессеривания при незначительной (15–25 % масс.) конверсии сырья. Использование данного процесса особенно целесообразно для сырья с низким содержанием металлов (Ni и V < 25 ppm) и асфальтенов (< 8 % масс.), влияющих на скорость дезактивации катализатора [2, 3]. По этим показателям мазут Астраханского ГПЗ является благоприятным сырьём для прямого каталитического гидрооблагораживания, поскольку содержание металлов (Ni и V) в нем не превышает 1 ppm, а доля асфальтеновых веществ находится на уровне 0,7 % масс.

В зависимости от условий осуществления и используемого катализатора содержание серы в гидрогенизате может составить 0,3–1,5 % масс. Продукт, получаемый в результате гидрогенизационного облагораживания, может найти применение в качестве маловязкого судового топлива.

Ориентировочные результаты предварительной экономической оценки проекта [4] внедрения установки мощностью 500 тыс. т/год мазута и реализации судового топлива представлены в табл. 1.

Таблица 1

Экономическая эффективность проекта

Показатель	Значение
Капиталовложения, тыс. руб.	3 150 000
Срок эксплуатации, лет	20
Цена судового топлива, руб.	15 000
Денежные оттоки, тыс. руб.	995 226
Чистый денежный поток (ЧДП), тыс. руб.	1 754 774
Срок окупаемости проекта, лет	4,29
Накопленный дисконтированный ЧДП, тыс. руб.	10 656 854
Внутренняя норма доходности, %	27,2

Для моделирования процесса каталитической гидрогенизации с целью получения исходных данных, необходимых при разработке технологии квалифицированной переработки мазута Астраханского ГПЗ, создана экспериментальная установка по изучению термокаталитических процессов, протекающих при высоких значениях давления. Схема установки представлена на рис. 3.

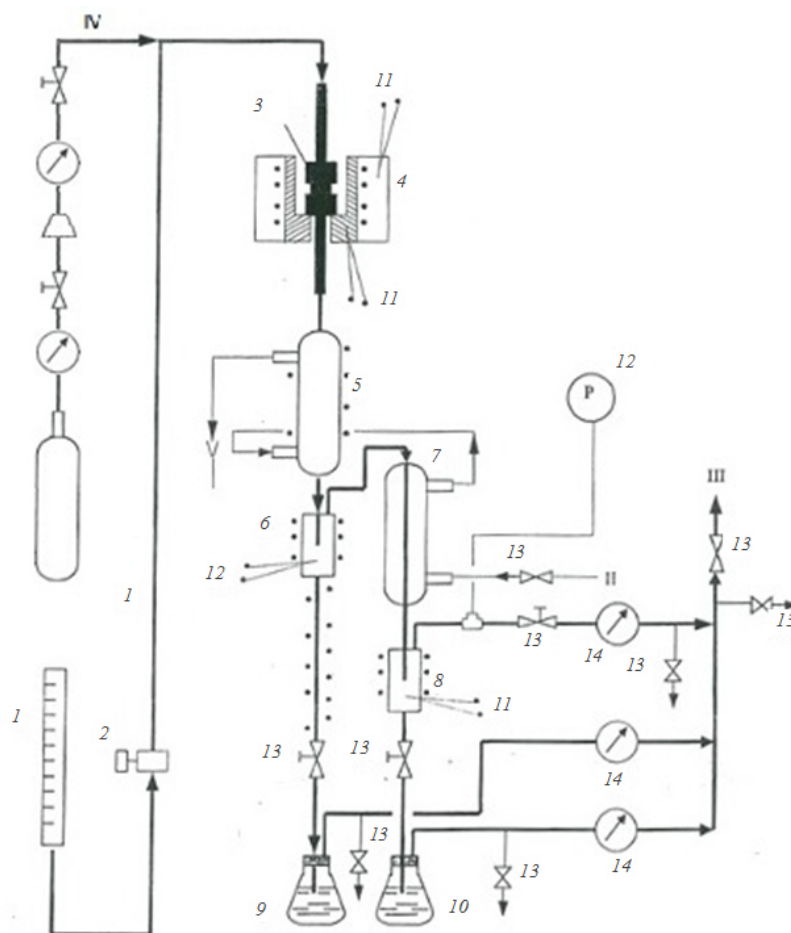


Рис. 3. Проточная лабораторная установка для проведения гидрокаталитических процессов переработки высокосернистого газоконденсатного мазута:
 1 – сырьевая емкость; 2 – насос; 3 – реактор; 4 – печь; 5, 7 – холодильники;
 6, 8 – сепараторы высокого давления; 9, 10 – сепараторы низкого давления; 11 – термопары;
 12 – манометр; 13 – вентили; 14 – газовые счетчики; I – сырьё; II – вода; III – газ; IV – водород

Экспериментальная установка включает в себя весь набор аппаратов и контрольно-измерительных приборов, необходимых для проведения исследований.

В табл. 2 представлен диапазон значений основных параметров процесса для экспериментальных исследований с использованием катализаторов алюмоникельмолибденового и кобальт-молибденового типа.

Таблица 2

Диапазон значений основных параметров экспериментального исследования процесса гидрокаталитического облагораживания

Температура, °С	Давление, МПа	Объемная скорость подачи сырья, ч ⁻¹	Кратность циркуляции ВСГ, нм ³ /м ³
340–360	4–6	1–2	200

Данные (в указанных выше диапазонах), полученные на экспериментальной установке, позволят проанализировать зависимость качественных и количественных показателей продуктов каталитической гидропереработки от условий ведения процесса.

Заключение

Облагораживание астраханского мазута с использованием гидрогенизационного каталитического процесса позволит получить высококачественный нефтепродукт с содержанием серы менее 1 % масс. С учетом больших объемов внешнеторгового и транзитного грузопотока через

морские транспортные узлы Астраханской области, использование гидрогенизата в качестве компонента судового топлива является целесообразным и позволит снизить экологическую нагрузку от воздействия выбросов продуктов сгорания топлив.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Методика* определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 30 тонн пара в час или менее 20 Гкал в час. М., 1999. URL: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/7/7042/.
2. *Ахметов А. Ф., Красильникова Ю. В., Герасимова Е. В.* Особенности переработки тяжелых нефтяных остатков // Нефтегазовое дело. 2011. Т. 9, № 1. С. 101–104.
3. *Стратиев Д.* Актуальные технологические решения в современном нефтеперерабатывающем бизнесе // Нефтегазохимия. 2014. № 1. С. 3–18.
4. *Бочаров В. В.* Инвестиции: учеб. для вузов. СПб.: Питер, 2009. 384 с.

Статья поступила в редакцию 14.04.2017

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Нигметов Рустам Иманбаевич – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; аспирант кафедры химической технологии переработки нефти и газа; nigmetov.rus@inbox.ru.

Нурахмедова Александра Фаритовна – Россия, 414056, Астрахань; ООО «Газпром добыча Астрахань», инженерно-технический центр; канд. техн. наук; начальник отдела мониторинга технологических процессов переработки; ANurahmedova@astrakhandobycha.gazprom.ru.

Попадин Николай Владимирович – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; канд. техн. наук; доцент кафедры химической технологии переработки нефти и газа; popadin1503@mail.ru.



R. I. Nigmatov, A. F. Nurakhmedova, N. V. Popadin

**TO THE QUESTION OF REFINING SOUR CRUDE OIL
IN THE ASTRAKHAN GAS CONDENSATE FIELD**

Abstract. The process of catalytic hydroprocessing of residual gas-condensate raw materials is one of the ways to improve the quality and expand the product assortment of the enterprise. Hydrocatalytic technology of refining high-sulphur fuel oil includes the process of heat treatment, when hydrogen is acting as a reagent under high pressure in the presence of catalysts, which reduces the concentration of impurities (metals, sulphur and nitrogen compounds) in the product. The article offers and substantiates operation principles of catalytic hydrogenation of fuel oil in the Astrakhan gas processing plant, and main technological parameters of the process. There has been carried out the preliminary economic assessment the qualified processing 500 t/year of fuel oil. To develop the technology for qualified fuel oil processing there has been created an experimental setup, which is operating under high pressure. The scope of major parameters of experimental research has been defined. Astrakhan fuel oil refining using hydrogenation catalytic process allows to obtain the high

quality oil product with sulphur content less than 1% of mass. Using the hydrogenate is feasible as a marine fuel component, because it helps to decrease environmental burden from combustion product emissions.

Key words: fuel oil, sulfur content, refining, catalytic hydrogenation process, catalyst, temperature, pressure, space velocity of raw materials supply, multiplicity of the hydrogen-containing gas circulation, laboratory unit.

REFERENCES

1. *Metodika opredeleniia vybrosov zagriazniaiushchikh veshchestv v atmosfere pri szhiganii topliva v kotlakh proizvoditel'nost'iu menee 30 tonn para v chas ili menee 20 Gkal v chas* [The technique of checking pollutant emission in atmosphere while fuel combusting in boilers with capacity less than 30 t of steam/h or less than 20 Gcal/h]. Moscow, 1999. Available at: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/7/7042/.
2. Akhmetov A. F., Krasil'nikova Iu. V., Gerasimova E. B. Osobennosti pererabotki tiazhelykh neftiannykh ostatkov [Features of processing of the heavy oil rests]. *Neftegazovoe delo*, 2011, vol. 9, no. 1, pp. 101–104.
3. Stratiev D. Aktual'nye tekhnologicheskie resheniia v sovremennom neftepererabatyvaiushchem biznese [Current technology solutions in modern refining business]. *Neftegazokhimiia*, 2014, no. 1, pp. 3-18.
4. Bocharov V. V. *Investitsii* [Investments]. Saint-Peterburg, Piter Publ., 2009. 384 p.

The article submitted to the editors 14.04.2017

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Nigmatov Rustam Imanbaevich – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Postgraduate Student of the Department of Chemical Technology of Oil and Gas Processing; nigmatov.rus@inbox.ru.

Nurakhmedova Aleksandra Faritovna – Russia, 414056, Astrakhan; "Gazprom dobycha Astrakhan" LLC, Engineering and Technical Centre; Candidate of Technical Sciences; Head of the Department of Monitoring Technological Processing of Raw Materials; ANurakhmedova@astrakhan-dobycha.gazprom.ru.

Popadin Nikolay Vladimirovich – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Candidate of Technical Sciences; Assistant Professor of the Department of Chemical Technology of Oil and Gas Processing; popadin1503@mail.ru.

