

УДК 665.637.5

## ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ ИЗ МАЗУТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАТАЛИЗАТОРА NEXUS - 345P В УСЛОВИЯХ АЭРОЗОЛЬНОГО НАНОКАТАЛИЗА

Леоненко С. В., Кудрявцев С. А., Бродский А. А.

## PREPARATION OF COMPONENTS OF MOTOR FUELS OIL USING A CATALYST NEXUS -345P BY AEROSOL NANOCATALYSIS

Leonenko S. V., Kudryavtsev S. A., Brodsky A. L.

*В статье приведены результаты исследований крекинга мазута по технологии аэрозольного нанокатализа. Рассмотрена возможность проведения данного процесса на цеолитсодержащем катализаторе Nexus-345p. Приведены существующие процессы переработки утяжеленного сырья, описание лабораторной установки, схема лабораторной установки, методы определения светлых нефтепродуктов. При температуре 500 °С выход светлых нефтепродуктов составил 70 – 80 % масс., а температуре 450 на установке ТКМ-700-2Э составляет 45 % масс.*

**Ключевые слова:** каталитический крекинг, мазут, катализатор, висбрекинг.

**1. Введение.** В настоящее время нефтеперерабатывающая промышленность Украины имеет следующие недостатки

- Высокий износ большинства технологических установок, который около 80 %;
- Недостаточная глубина переработки нефти.
- Отставание в экологических и эксплуатационных требованиях к моторным топливам, по сравнению со странами запада.

Низкая глубина переработки нефти остается одной из главных проблем в украинской нефтепереработке. В среднем она составляет 70 % масс, что значительно ниже уровня мировых показателей [1].

Для повышения глубины переработки нефти в настоящее время существует ряд вторичных процессов. Каталитический крекинг как основной процесс вторичной переработки. Процесс каталитического крекинга проводят в лифт-реакторах с применением микросферических алюмосиликатных катализаторов. На примере работы установки каталитического крекинга(КК) вакуумного газойля на Лисичанском НПЗ можно

отметить, промышленная организация КК имеет ряд недостатков:

- Высокие требования к катализатору по термической и механической стабильности (катализатор постоянно двигается по системе

- реактор–регенератор–реактор при температуре 680-730 °С;

- Большие габариты основного оборудования: для производительности 2 млн. т/год – объем реактора составляет 800 м<sup>3</sup>, регенератора – 1600 м<sup>3</sup>;

- Невозможность переработки утяжеленного сырья без существенной реконструкции производства.

Следующий по значимости углубления переработки нефти процесс - гидрокрекинг (ГК). Процесс проводят под действием водорода при температуре 330-450°С и давлении 5-30 МПа в присутствии никель молибденовых катализаторов, к недостатками данного процесса можно отнести высокое давление и температура а так же повышенная взрывоопасность установки. [3]

Процесс висбрекинга - это процесс, для получения главным образом котельных топлив из гудронов косвенно углубляя переработку нефти.

В отсутствие на НПЗ установок висбрекинга при приготовлении товарного мазута для обеспечения его вязкостных характеристик значительная часть газойля используется в качестве разбавителя.

При включении в схему переработки нефти процесса висбрекинга экономятся газойлевые фракции, так как висбрекинг тяжелых остатков позволяет получить компонент товарного мазута (гудрон) более низкой вязкости и, как следствие, дополнительные объемы вакуумного газойля.

Таким образом, висбрекинга косвенно способствует увеличению глубины переработки

нефти на НПЗ, значительно сокращая выпуск мазута и увеличивая производство вакуумного газойля.

Основной экономической аспект применения процесса висбрекинга - высвобождение вакуумного газойля и средних дистиллятов, ранее вовлекаемых в производство товарного мазута как разбавителей для достижения необходимых параметров вязкости [2].

На сегодняшний день получили распространение три варианта осуществления процесса:

- печной или висбрекинг в печи с сокинг-секцией, при котором высокая температура (480-500<sup>0</sup>С) сочетается с коротким временем пребывания сырья в реакционной зоне (1,5-2 мин);
- висбрекинг с выносной реакционной камерой. Требуемая степень конверсии достигается при более мягком температурном режиме (440-450<sup>0</sup>С) и длительном времени (10-15 мин).

Несмотря на разнообразность процесса висбрекинга, спрос на котельное топливо постоянно снижается, новые установки висбрекинга оборудуются новыми четкого фракционирования, позволяющими увеличить отбор дистиллятов. Средний выход продуктов (% масс.) при работе установки висбрекинга представлен в таблице 1 [4]:

Таблица 1

Материальный баланс блока АТ

Мазут поступило, %	- 100
Получено, % на нефть	
C <sub>1</sub> - C <sub>4</sub>	4
C <sub>5</sub> -195 <sup>0</sup> С	7
165 - 350 <sup>0</sup> С	25
Котельное топливо (остаток)	64

Процесс висбрекинга один из недорогих и малозатратных процессов переработки нефтяных остатков. Если раньше висбрекинг использовался только для снижения вязкости гудронов, то теперь для углубления переработки нефти. Однако висбрекинг существенно повысить глубину переработки нефти не может поэтому вышеперечисленные факты ставят возможность поиска новых альтернативных высокоэффективных технологий для переработки утяжеленного сырья. Такой технологией выступает крекинг мазута в условия аэрозольного нанокатализа.

**2. Цель и задачи исследования.** Целью данного исследования является изучение нового процесса крекинга мазута в условиях аэрозольного нанокатализа.

Задачи исследования:

- определить фракционный состав исходного мазута;
- определить влияние температуры и частоты колебаний на крекинг мазута в условиях аэрозольного нанокатализа с применением цеолитсодержащего катализатора Nexus-345p;

- провести сравнение с действующей установкой термического крекинга мазута.

**3. Методология экспериментальных исследований и аналитического контроля продуктов реакции.** Исследования проводили на лабораторной установке, представленной на рис. 1, крекинга вакуумного газойля в условиях аэрозольного нанокатализа [7].

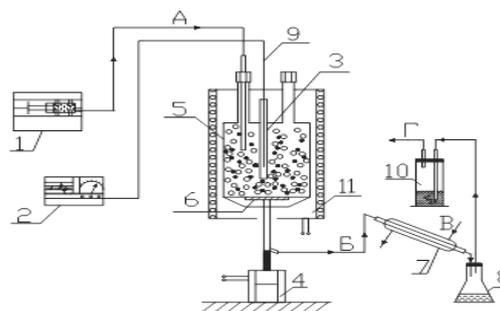


Рис. 1 Схема лабораторной установки процесса крекинга мазута с применением технологии аэрозольного нанокатализа.

- А – мазут; Б – продукты крекинга; В – вода на охлаждение; Г – газы; 1 – шприцевой дозатор; 2 – блок управления; 3 – карман термомпары; 4 – виброустройство; 5 – реактор; 6 – металловолокнистый фильтр; 7 – холодильник; 8 – сборник; 9 – термомпара; 10 – барботер; 11 – печь

Сырье подается в реактор, обогреваемый печью, где проходят реакции крекинга. Температура в зоне реакции измеряется с помощью комплексного блока. Для предотвращения уноса катализатора предусмотрен фильтр. После реактора охлажденный продукт поступает в сборник, а затем направляются на анализ. Реактор совершает возвратно-поступательные движения с помощью виброустройства, частота колебаний которого контролируется комплексным блоком. [6]

**4. Экспериментальная часть.** Результаты экспериментальных данных в условиях аэрозольного нанокатализа на катализаторе Nexus-345p и сравнительная характеристика с промышленными данными представлена в таблице 2.

Из экспериментальных данных в таблице 2 видно, что при контрольной разгонке в мазуте содержится около 54 %масс. фракции с температурой кипения до 350<sup>0</sup>С. При термокрекинге мазута с увеличением температуры снижается выход светлых нефтепродуктов. По результатам таблицы 2 выход светлых нефтепродуктов практически стабильный, т.е. при температурах 200, 300, 400<sup>0</sup>С составил 49 %масс. 51%масс. и 48 %масс. соответственно. Однако при температуре 500<sup>0</sup>С процесс термокрекинга не устойчив во времени из-за повышенного коксования.

Таблица 2

**Фракционный состав продуктов крекинга.**  
Объем реактора 38 см<sup>3</sup>, расход сырья 0,4 мл/мин, амплитуда колебаний 10 мм,  
объем диспергирующего материала 20 см<sup>3</sup>

№ п/п	T, °C	частота, Гц	Фракция, % масс.		Газ, % масс	Остаток, % масс	X <sub>св</sub> % масс	Ф % масс.
			н.к. – 180°C	180 – 350°C				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Контрольная разгонка мазута								
2	-	-	-	54	5	41	54	-
Данные лабораторных исследований без добавления катализатора (термический крекинг)								
3	200	-	-	49	4	47	49	53
4	300		-	51	2	47	51	53
5	400		-	48	10	42	48	52
Данные лабораторных исследований на цеолитсодержащем катализаторе Nexus-345p								
6	400	3	2,04	56,99	1,83	40,97	59,03	61,91
7	450		4,40	61,10	2,56	34,51	65,49	69,13
8	500		6,25	60,64	4,55	26,5	73,50	79,13
9	550	4	1,54	53,88	10,18	34,4	55,42	66,89
10	400		2,42	63,96	2,11	33,63	66,37	69,56
11	450		4,57	65,54	3,04	29,89	70,11	74,22
12	500		7,91	72,31	4,97	19,78	80,22	86,26
13	550	2,72	52,99	8,27	44,29	55,71	65,07	
Результаты, полученные на установке термического крекинга мазута ТКМ-700-2Э [5]								
14	450		20	25	5	55	45	55

X<sub>св</sub> – суммарный выход светлых нефтепродуктов

Ф – селективность

Проведение крекинга с применением аэрозоля катализатора Nexus-345p при частоте 3 Гц и температуре 500°C выход светлых нефтепродуктов составил 73% масс. а выход бензиновой фракции составляет 6% масс. При сравнении с процессом термокрекинга выход светлых продуктов увеличивается ~20%. Эта температура является оптимальной для данной частоты и концентрации катализатора.

При температурах 450°C выход светлых нефтепродуктов составил 65% масс., в том числе 4% масс. бензиновой фракции, а при температурах 400 и 550°C, частоте 3 Гц выход составил 59 и 55,4% масс. соответственно, что выше, чем в термическом крекинге. При частоте 4 Гц и температуре 500 °C выход бензиновой фракции в составил ~8% масс. (столбец 4 таблицы 2) и дизельной фракции – 72% масс (столбец 5 таблицы 2). С ростом температуры в интервале 400, 450 и 500°C выход светлых нефтепродуктов увеличивался 66,4, 70,1 и 80,2% масс. соответственно. Однако с ростом температуры до 550 °C выход светлых нефтепродуктов снизился до 55,7% масс., возможно из-за высокого коксования. Процесс крекинга при температуре 500°C и частоте 4 Гц в условиях аэрозольного катализа показывает суммарный выход светлых нефтепродуктов 80% масс. При сравнении выход светлых нефтепродуктов в аэрозоле катализатора при 4 Гц соответственно выше, чем на промышленной опытной установке ТКМ-700-2Э (установка термического крекинга) на 56% (Рис.2).

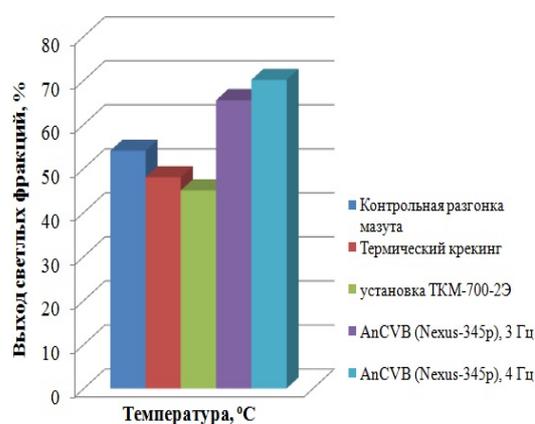


Рис. 2. Выход светлых нефтепродуктов при различных технологиях крекинга

**5. Выводы.** Проведены исследования процесса крекинга мазута в условиях аэрозольного нанокатализа на катализаторе Nexus-345p. Изучено влияние таких параметров управления как температура и частота колебаний.

Представлена принципиальная схема лабораторной установки. Определен фракционный состав мазута, который составил 54 % масс. светлых нефтепродуктов.

Проведение процесса крекинга мазут на цеолитсодержащем катализаторе Nexus-345p позволяет повысить выход светлых нефтепродуктов до 40% масс. по сравнению с термическим крекингом. так же воздействие механохимической

активации на каталитическую систему способствует снижению энергии активации до 40 кДж/моль.

На действующей промышленной установке термического крекинга ТКМ-700-2Э выход светлых нефтепродуктов составляет 45 % масс., что ниже, чем в технологии аэрозольного нанокатализа. Так же технология аэрозольного нанокатализа позволяет снизить энерго- и ресурсозатраты, что положительно отразится на рентабельности производства.

### Л и т е р а т у р а

1. Ахмадова Х. Х., Сыркин А. М., Садулаева А. С. Роль висбрекинга в углублении переработки нефти // Инновации в науке: сб. ст. по матер. VIII междунар. науч.-практ. конф. Часть I. – Новосибирск: СибАК, 2012
2. Аэрозольный нанокатализ. Исследование процесса крекинга высококипящих фракций нефти / Гликин М. А., Кудрявцев С. А., Гликина И. М., Мамедов Б. Б. // Хімічна промисловість України. – 2006. - №1. – С. 24 - 29.
3. Каталитический крекинг. Интенсификация процесса с применением технологии аэрозольного нанокатализа / Глікін М. А., Глікіна І. М., Кудрявцев С. О. // Хімічна промисловість України. – 2008. - №1. – С. 26-30.
4. Ахметов С. А. Технология глубокой переработки нефти и газа: учеб. пособие для вузов. – Уфа: Гилем, 2002. – 672 с.
5. ООО НПЗ «Нойпром» проектирование и изготовление заводов по переработке нефти. Установка ТКМ-700-2Э [Электрон. ресурс] / ООО НПЗ «Нойпром» проектирование и изготовление заводов по переработке нефти // НПЗ. Режим доступа : <http://nouprom-npz.ru/katalog-produktsii/ustanovki-visbrekinga-mazuta/>
6. Леоненко С.В. Переработка мазута в углеводороды по технологии аэрозольного нанокатализа/С.В. Леоненко, С.А. Кудрявцев, Д.А. Кутакова // Вісник СНУ ім. В. Даля. – 2014.– №10[217]. – С. 79–82.
7. Аминский Э. Ф. Глубокая переработка нефти веществ [Электрон. ресурс] / Аминский Э. Ф. // Библиотека Нефть – Газ. Режим доступа к книге : <http://www.himi.oglib.ru/bgl/1406/71.html>

### R e f e r e n c e s

1. Ahmadova H. H., Syirkin A. M., Sadulaeva A. S. Rol visbrekinga v uglublenii pererabotki nefiti // Innovatsii v nauke: sb. st. po mater. VIII mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Chast I. – Novosibirsk: SibAK, 2012
2. Aerazolnyiy nanokataliz. Issledovanie protsesssa krekinga vyisokokipyaschih fraktsiy nefiti / Glikin M. A., Kudryavtsev S. A., Glikina I. M., Mamedov B. B. // Himichna promislivost Ukrayini. – 2006. - #1. – S. 24 -29.
3. Katatliticheskii kreking. Intensifikatsiya protsesssa s primeneniem tehnologii aerazolnogo nanokataliza / Glikin M. A., Glikina I. M., Kudryavtsev S. O. // Himichna promislivost Ukrayini. – 2008. - #1. – S. 26-30.
4. Ahmetov S. A. Tehnologiya glubokoy pererabotki nefiti i gaza: ucheb. posobie dlya vuzov. – Ufa: Gilem, 2002. – 672 s.

5. ООО НПЗ «Нойпром» проектирование и изготовление заводов по переработке нефти. Установка ТКМ-700-2E [Elektron. resurs] / ООО НПЗ «Нойпром» проектирование и изготовление заводов по переработке нефти // NPZ. Rezhim dostupa : <http://nouprom-npz.ru/katalog-produktsii/ustanovki-visbrekinga-mazuta/>
6. Leonenko S.V. Fuel oil conversion to hydrocarbons technology aerosol /S.V. Leonenko, S.A. Kudryavtsev, D.A. Kutakova // VIsnik SNU Im. V. Dalya. – 2014.– #10[217]. – S. 79–82.
7. Aminskiy E. F. Glubokaya pererabotka nefiti veschestv [Elektron. resurs] / Aminskiy E. F. // Biblioteka Neft – Gaz. Rezhim dostupa k knige : <http://www.himi.oglib.ru/bgl/1406/71.html>

**Леоненко С. В., Кудрявцев С. А., Бродський А. А. Отримання компонентів моторних палив з мазуту з використанням катализатора Nexus - 345p в умовах аерозольного нанокаталізу**

*У статті наведено результати досліджень крекінгу мазуту за технологією аерозольного нанокаталізу. Розглянуто можливість проведення даного процесу на цеолитвмістному катализаторі Nexus-345p. Наведено існуючі процеси переробки важкої сировини, опис лабораторної установки, схема лабораторної установки, методи визначення світлих нафтопродуктів. При температурі 500 °С вихід світлих нафтопродуктів склав 70 - 80% мас., а при температурі 450 на установці ТКМ-700-2E становить 45% мас.*

**Ключові слова:** каталитичний крекинг, мазут, катализатор, висбрекинг.

**Leonenko S. V., Kudryavtsev S. A., Brodsky A. L. Preparation of components of motor fuels oil using a catalyst Nexus -345p by aerosol nanocatalysis**

*The results of studies on the oil cracking nanocatalysis aerosol technology. The possibility of carrying out this process on a zeolite catalyst Nexus-345p presents existing processes weighted processing of raw materials, a description of the laboratory setup, the scheme of the laboratory setup, methods for the determination of light oil. At a temperature of 500 °C light product yield was 70 - 80% by weight and a temperature of 450 to install TCM 700-2E 45 wt.%.*

**Keywords:** catalytic cracking, oil, catalyst, visbreaking.

**Леоненко Сергій Володимирович** – аспірант Східноукраїнського національного університету імені В. Даля. [leonenko.2307@gmail.com](mailto:leonenko.2307@gmail.com)

**Кудрявцев Сергій Олександрович** – к.т.н. доцент кафедри хімічної інженерії та екології Східноукраїнського Національного університету імені В. Даля. [koodryavthev@mail.ru](mailto:koodryavthev@mail.ru)

**Бродський Олександр Львович** – к.т.н., доцент, доцент кафедри математики та фізики Східноукраїнського Національного університету імені В. Даля

*Рецензент:* д.т.н., професор **Суворин О. В.**

Стаття подана 17.06.2016