

4. Кузнецов П.Н., Перминов Н.В. и др. Термическое растворение каменного угля в технических пастообразователях и их смесях. // Кокс и химия. 2019. – №11. – С. 16-23.
5. Kozlov A.P., Cherkasova T.G., Frolov S.V., Subbotin S.P., Solodov V.S. Innovate Coal-Tar Products at PAO Koks // Coke and Chemistry. 2020. – V. 63. – No 7. – P. 344-350.

УДК 665.63

**А.И. Николаев, Б.В. Пешнев, Д.В. Никишин**  
МИРЭА - Российский технологический университет

### **КАВИТАЦИОННАЯ ОБРАБОТКА СРЕДНЕДИСТИЛЛЯТНЫХ ФРАКЦИИ НЕФТИ**

**Аннотация.** Представлены результаты исследований влияния кавитационной обработки среднедистиллятных фракции нефти на изменение их физико-химических характеристик. Обработка нефтяных фракции осуществлялась созданием в гидродинамическом режиме явления кавитации. Кавитационное воздействие проводилось в диапазоне градиентов давлений от 20 до 50 МПа и числа циклов от 1 до 20. Показано, что эффект от кавитационного воздействия проявляется при обработке среднедистиллятных фракциях. Так, в результате воздействия снижалась плотность керосиновой и дизельной фракций, снижалась температура застывания дизельной фракции, происходит изменение фракционного состава образцов. Произошедшие изменения характеристик среднедистиллятных фракций нефти связаны с протеканием в процессе их обработки реакций крекинга и уплотнения углеводородов. Представленные в публикации результаты расширяют представления о закономерностях протекания кавитации в среде углеводородов.

На протяжении многих лет явление кавитации в технике и технологии рассматривалось как нежелательное явление [1]. Однако, по мере изучения этого явления было отмечено, что в ряде случаев, кавитационное воздействие на материал способствует улучшению его свойств [2, 3].

Особое место среди этих работ занимают исследования, направленные на изучение влияния кавитационной обработки на изменение характеристик нефти и темных нефтепродуктов. Так, в работе [4] было показано, что кавитационная обработка нефти приводит к изменению ее реологических свойств. Снижение

плотности нефти является значимым результатом, т.к. в балансе добываемых углеводородов все большую долю занимают вязкие и битуминозные нефти, транспортировка и переработка которых сопровождается повышенными энергозатратами. В работе [5] увеличение выхода светлых нефтепродуктов достигалось сочетанием кавитационного воздействия на нефтяные остатки с традиционным процессом их переработки, замедленным коксованием.

Следует отметить, что в большинстве работ в качестве объектов исследования рассматривались нефти или темные нефтепродукты. Изучению влияния кавитационной обработки на изменение характеристик светлых нефтепродуктов уделялось мало внимания. В данной публикации представлены результаты исследования кавитационного воздействия на изменение характеристик среднедистиллятных фракций нефти. Характеристики объектов исследования представлены в таблице 1.

**Таблица 1 - Физико-химические характеристики объектов исследования.**

Показатель	Керосиновая фракция (КФ)	Дизельная фракция (ДФ)
Плотность, г/см <sup>3</sup>	0,7880	0,8333
Фракционный состав, °С		
температура начала кипения	144	175
температура выкипания 50%об.	192	280
Температура выкипания 95%об.	228	360
Температура застывания, °С	-	-10
Цетановое число, ед.	-	54

Исследования проводились с использованием аппарата марки ДА-1 [6]. Принцип действия аппарата заключался в перетекании нефтепродукта из зоны высокого давления в зону низкого давления через щель с регулируемым сечением. Обработка образцов осуществлялась в диапазоне градиента давлений от 20 до 50 МПа. Число циклов воздействия варьировалось от 1 до 20.

**Таблица 2 - Изменение плотности образцов нефтепродуктов от условий их обработки.**

Число циклов воздействия	Давление, МПа							
	20		30		40		50	
	КФ	ДФ	КФ	ДФ	КФ	ДФ	КФ	ДФ
1	0,7871	0,8322	0,7863	0,8314	0,7860	0,8311	0,7853	0,8304
5	0,7855	0,8307	0,7849	0,8299	0,7845	0,8297	0,7849	0,8297
10	0,7849	0,8298	0,7844	0,8293	0,7846	0,8294	0,7853	0,8300
20	0,7847	0,8296	0,7850	0,8295	0,7855	0,8300	0,7865	0,8310

Видно, что в результате обработки образцов нефтепродукта их плотность, по сравнению с исходной, снижается. Следует отметить, что уменьшение значения плотности при повышении давления и количества циклов отмечалось до 30 МПа и 5 циклов. Дальнейшее увеличение «жесткости» обработки (давления и количества циклов) приводило к некоторому возрастанию плотности образцов.

Полученный результат может быть объяснен тем, что при схлопывании кавитационного зародыша происходит выделение кинетической энергии, которая, практически мгновенно, превращается в тепловую. Температура жидкости в точке схлопывания (по различным оценкам) может варьироваться от 1100 до 10000 К. При таких температурах возможно протекание реакций крекинга углеводородов и уплотнения. Можно предположить, что при невысокой «жесткости» воздействия более интенсивно протекают реакции крекинга, приводящие к образованию углеводородов с меньшей молекулярной массой, следствием чего является снижение плотности образца. Увеличение «жесткости» воздействия способствует интенсификации протекания реакций уплотнения, в результате образуются высокомолекулярные углеводороды и наблюдается возрастание плотности образцов.

Протекание реакций крекинга и уплотнения углеводородов можно подтвердить данными фракционного состава образцов (таблица 3).

**Таблица 3. Изменение фракционного состава (°С) образцов нефтепродуктов от условий их обработки.**

Давление обработки, МПа	Число циклов воздействия	Объем, %				
		Тнк	10	50	90	95
<b>Керосиновая фракция</b>						
20	1	142	160	189	215	223
	20	139	156	184	210	220
50	1	139	154	183	209	217
	20	136	153	188	216	225
<b>Дизельная фракция</b>						
20	1	169	207	274	329	354
	20	157	195	262	317	342
50	1	163	198	265	320	345
	20	151	175	270	331	350

Из представленных данных видно, что при невысокой «жесткости» воздействия температура начала кипения и температура

выкипания 10 % об. образцов снижается по сравнению с исходным. Это свидетельствует о присутствии в образцах углеводородов с меньшей молекулярной массой образование которых происходит в следствии протекания реакций крекинга. Увеличение «жесткости» воздействия приводит к возрастанию температур выкипания 90 и 95 %об. образцов. Это обусловлено присутствием углеводородов с большей молекулярной массой, что связано с протеканием реакций уплотнения.

Изменение углеводородного состава образцов нефтепродуктов, в процессе их обработки, отразится и на других физико-химических характеристиках. В таблице 4 приведены данные о изменении температуры застывания дизельной фракции.

**Таблица 4. Изменение температуры застывания дизельной фракции (°С) от условий ее обработки.**

Число циклов воздействия	Давление, МПа			
	20	30	40	50
1	-11	-12	-13	-14
5	-12	-13	-14	-15
10	-13	-14	-14	-15
20	-14	-14	-13	-14

Видно, что в результате кавитационного воздействия на дизельную фракцию температура ее застывания снижается.

Таким образом, представленные результаты расширяют представления о закономерностях протекания кавитации в среде углеводородов. Также, они свидетельствуют о том, что воздействовать на изменение характеристик среднестиллятных фракций нефти возможно не только вводя в их состав присадки, но и оказывая на них кавитационное воздействие.

#### **Список использованных источников**

1. Пирсол И. Кавитация. М.:Мир. 1975. 95 с.
2. Хафизов Ф.Ш., Доронин Д.Б. Кавитация как интенсификатор в процессах массообмена // Нефть и газ. Тюмень. 2014. №2. С.106-110.
3. Промтов М.А. Перспективы применения кавитационных технологий для интенсификации химико-технологических процессов // Вестник ТГТУ. 2008.т.14. №4. С.861-869.

4. Муллакаев М.С., Абрамов В.О., Вольков Г.И. и др. Исследование влияния ультразвукового воздействия и химических реагентов на реологические свойства вязких нефтей // Оборудование и технология для нефтегазового комплекса. 2010. №5. С.31-34.
5. Николаев А.И., Терентьева В.Б., Пешнев Б.В. Повышение выхода дистиллятных фракций при коксовании нефтяных остатков. Тонкие химические технологии. 2019. Т. 14. № 1. С. 75-81.
6. Николаев А.И., Терентьева В.Б., Торховский В.Н., Воробьев С.И. Получение нефтяного кокса из модифицированного сырья // АвтоГазоЗаправочный Комплекс + Альтернативное топливо. 2016. №7. С.3-6.

УДК 661.715

**Ю.А. Таран, В.О. Стрельникова**

МИРЭА – Российский технологический университет  
Институт тонких химических технологий им. М. В. Ломоносова

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОЭТАНОЛА ВТОРОГО ПОКОЛЕНИЯ В СХЕМЕ РАСШИРЕННОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА УГЛЕВОДОРОДНЫХ ПРОДУКТОВ**

**Аннотация.** Истощение запасов ископаемых видов топлива привели к поиску научным сообществом альтернативных источников энергии на основе возобновляемого сырья. В данной работе проведена оценка возможности замкнутой расширенной схемы получения жидких и газообразных углеводородов на основе успешно работающих предприятий и технологий зелёной химии. Схема включает использование экологически чистого источника энергии – солнца и азотсодержащих минеральных удобрений для получения биомассы сельскохозяйственных культур, биохимическую переработку полученной биомассы в биоэтанол и последующую каталитическую конверсию биоэтанола в газообразные и жидкие углеводородные продукты. Такой подход позволяет получать углеводороды, в частности моторные топлива, в неограниченном количестве, при этом используя хорошо отлаженные производства.

Использование альтернативных возобновляемых источников энергии позволит избежать кризиса в области биоэнергетики, связанного с исчерпаемостью нефтегазовых ресурсов [1]. Одним из главных применений таких ресурсов является переработка их в различные виды топлива.