

перерабатываемого сырья, учитывающие факторы нестационарности протекания процесса в промышленных условиях, которые применимы для прогнозирования процессов с высокой степенью точности.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 19-73-00023).*

Литература

1. Guo K., Li H., Yu Zh. In-situ heavy and extra-heavy oil recovery: A review // Fuel. – 2016. – Vol. 185. – P. 886-902.
2. Белинская Н.С., Иванчина Э.Д., Долганов И.М., Белозерцева Н.Е. Компьютерная моделирующая система процесса каталитической депарафинизации дизельных топлив // Ползуновский вестник. – 2019. – № 3. – С. 99-106.
3. Петрова Н. Трансформация будущего. Цифровая революция в нефтегазовой отрасли // Журнал «Сибирская нефть». – 2018. – № 1 (31). – С. 4-9.
4. Хавкин В.А., Гуляева Л.А., Никульшин П.А. О сырье процесса гидрокрекинга // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2019. – № 9. – С. 3-6.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДАВЛЕНИЯ И РАСХОДА СЫРЬЯ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОДУКТОВ ЦЕОФОРМИНГА ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТА СТАБИЛЬНОГО**

**А.А. Алтынов, И.А. Богданов, М.В. Киргина**

Научный руководитель - доцент М.В. Киргина

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Одним из побочных продуктов подготовки газа и нефти на месторождениях является конденсат газовый стабильный (КГС). В России выпуск данного продукта регламентирует ГОСТ Р 54389-2011 «Конденсат газовый стабильный. Технические условия». КГС получают путем стабилизации (удаления углеводородов с количеством атомов углерода от 1 до 4) нестабильного газового конденсата. Однако, несмотря на ценный углеводородный состав (углеводороды C<sub>5</sub>-C<sub>8</sub>), данный продукт остается невостребованным. Одним из возможных направлений применений КГС является его использование в качестве компонента автомобильных бензинов. Вместе с тем, существенное вовлечение данного продукта в смешение бензина невозможно, ввиду его невысоких детонационных характеристик.

Решением данной проблемы может стать переработка КГС с целью повышения октанового числа, причем используемая технология должна быть достаточно гибкой: использовать стойкий, относительно недорогой катализатор, допускать возможность использования установок небольшой мощности. Наиболее подходящим из имеющихся процессов повышения октанового числа легких углеводородных фракций является процесс цеоформинг. В связи с чем, целью данной работы является исследование влияния давления и расхода сырья на характеристики продуктов цеоформинга КГС. Выявленные закономерности позволят установить оптимальные технологические параметры переработки КГС в высокооктановые компоненты автомобильных бензинов.

В Таблице 1 приведены основные характеристики, а также углеводородный состав исследуемого образца КГС. Определение состава КГС проводилось методом газовой хроматографии (ОЧИ – октановое число исследовательский метод; ОЧМ – октановое число моторный метод; ДНП – давление насыщенных паров).

*Таблица 1*

*Характеристики и состав исследуемого образца КГС*

Параметр	КГС
ОЧИ	67,2
ОЧМ	64,0
ДНП, кПа	65,5
Плотность при 15 °С, кг/м <sup>3</sup>	692,5
Содержание веществ, % об.	
Бензол	0,17
Ароматические углеводороды	3,26
Олефины	1,68

В Таблице 2 приведены технологические параметры реализации цеоформинга КГС. Цеоформинг проводился на лабораторной каталитической установке в течении фиксированного времени с использованием цеолитного катализатора марки КН-30, производства ПАО «Новосибирский завод химконцентратов».

*Таблица 2*

*Параметры проведения цеоформинга КГС*

Параметр	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
Температура, °С	375	375	375	375	375
Давление, МПа	2,5	2,5	2,5	3,5	4,5
Расход сырья, ч <sup>-1</sup>	2	3	4	2	2

**СЕКЦИЯ 12. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ И ПЕРЕРАБОТКИ  
ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ. ПОДСЕКЦИЯ 2 – ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ  
ПОДГОТОВКИ И ПЕРЕРАБОТКИ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ.**

Для всех полученных продуктов по аналогии с исходным образцом КГС были определены основные характеристики, а также углеводородный состав. Результаты представлены в Таблицах 3-4.

**Таблица 3**

**Характеристики продуктов цеоформинга КГС, полученных в условиях варьирования давления**

Параметр	№ 1	№ 4	№ 5
Давление, МПа	2,5	3,5	4,5
ОЧИ	85,1	87,4	76,5
ОЧМ	79,9	82,6	71,8
ДНП, кПа	117,2	151,1	62,7
Плотность при 15 °С, кг/м <sup>3</sup>	713,5	706,9	724,9
Содержание веществ, % об.			
Бензол	1,42	0,06	0,60
Ароматические углеводороды	19,08	16,02	13,29
Олефины	2,19	5,02	6,14

Из результатов, представленных в Таблице 3 следует, что с повышением давления процесса с 2,5 МПа до 3,5 МПа октановое число и ДНП продуктов цеоформинга КГС растет. Однако при дальнейшем повышении давления с 3,5 МПа до 4,5 МПа наблюдается противоположенный эффект. Данные явления находят свое объяснение в особенностях протекания реакций крекинга углеводородов. Рост давления подавляет реакции крекинга [2], однако рост плотности продукта с ростом давления может свидетельствовать о том, что повышение давления подавляет вторичный и третичный крекинг углеводородов и способствует реакциям перераспределения водорода в олефинах. В пользу данной гипотезы говорит также наблюдаемое с ростом давления с 3,5 МПа до 4,5 МПа увеличение содержания олефинов и резкое снижение ДНП.

**Таблица 4**

**Характеристики продуктов цеоформинга КГС, полученных в условиях варьирования расхода сырья**

Параметр	№ 1	№ 2	№ 3
Расход сырья, ч <sup>-1</sup>	2	3	4
ОЧИ	85,1	84,2	83,1
ОЧМ	79,9	79,7	78,8
ДНП, кПа	117,2	139,8	134,7
Плотность при 15 °С, кг/м <sup>3</sup>	713,5	694,8	692,9
Содержание веществ, % об.			
Бензол	1,42	0,06	0,07
Ароматические углеводороды	19,08	11,29	10,06
Олефины	2,19	4,33	4,58

Из результатов, представленных в Таблице 4 видно, что с ростом расхода сырья октановое число, плотность, а также содержание ароматических углеводородов и в частности бензола в продуктах цеоформинга КГС падает. Данный эффект находит объяснение в снижении времени контакта сырье/катализатор. С ростом расхода сырья времени контакта сырье/катализатор достаточно только для протекания первичных реакций крекинга (о чем свидетельствует рост содержания олефинов в продукте с ростом расхода сырья). Вместе с тем времени контакта недостаточно для протекания реакций алкилирования, изомеризации и ароматизации (о чем свидетельствует снижение содержания ароматических углеводородов в частности бензола с ростом расхода сырья).

Таким образом можно заключить, что при переработке КГС в компоненты автомобильных бензинов в процессе цеоформинга повышение давления процесса является нецелесообразным. Расхода сырья необходимо подбирать таким образом, чтобы содержание бензола и ароматических углеводородов в продукте удовлетворяли требованиям [1, 3], а прирост октанового числа достигался за счет образования разветвленных изопарафиновых углеводородов.

*Работа выполнена при поддержке Гранта Президента Российской Федерации № МК-351.2020.3.*

**Литература**

- ГОСТ 305-2013 «Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru>. – Дата обращения: 20.12.2019 г.
- Ахметов С.А. Лекции по технологии глубокой переработки нефти в моторные топлива: Учебное пособие. – СПб.: Недра, 2007. – 312 с.
- Технический регламент таможенного союза ТР ТС 013/2011 «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru> – Дата обращения 20.12.2019 г.