

УДК 665.668.2

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ  
БЕНЗИНА КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА  
И МЕТОДЫ УЛУЧШЕНИЯ ЕГО КАЧЕСТВА**

**ENVIRONMENTAL ASPECTS OF USING THE CATALYTIC  
CRACKING GASOLINE AND METHODS TO IMPROVE ITS  
QUALITY**

**К.Г. Жуков, Э.И. Акбарова, К.В. Иванова**

**Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
г. Уфа, Российская Федерация**

**Kirill G. Zhukov, Elina I. Akbarova, Kristina V. Ivanova**

**Ufa State Petroleum Technological University,  
Ufa, Russian Federation**

**e-mail: KirillZhukovUSPTU@yandex.ru**

**Аннотация.** В работе рассмотрены современные требования к автомобильным бензинам. Описано влияние выхлопных газов на человека и окружающую среду, отмечена важность взаимосвязи «качество – экология».

Каталитический крекинг является одним из основных процессов производства автобензина. Однако получаемый компонент не соответствует современным требованиям и не может напрямую вовлекаться в процесс компаундирования. Рассмотрены характеристики бензина каталитического крекинга: углеводородный и фракционный составы, содержание серы и октановые числа. Удаление сернистых соединений из бензина каталитического крекинга носит сложный характер,

так как чем больше глубина обессеривания, тем ниже октановые числа гидрогенизата.

Одним из современных процессов, позволяющих решить данную проблему, является технология Prime G+ фирмы Axens. Проанализированы технологическая схема процесса, характеристики сырья и продуктов. Сделаны выводы по изменению свойств сырья в результате гидрооблагораживания.

**Abstract.** The paper reviews the modern requirements for auto-mobile gasoline. The effect of exhaust gases on humans and the environment has been described, and the importance of the relationship «quality – ecology» has been noted.

Catalytic cracking is one of the main production processes of auto benzine . However, the resulting component does not meet modern requirements and cannot be directly involved in the compounding process. The characteristics of catalytic cracking gasoline: hydrocarbon and fractional compositions, sulfur content and octa-new numbers are considered. The removal of sulfur compounds from catalytic cracking gasoline is complex, since the greater the desulfurization depth, the lower the octane number of the hydro genizate.

One of the modern processes to solve this problem is the Prime G + technology from Axens. The technological scheme of the process, the characteristics of raw materials and products are analyzed. Conclusions on the change in the properties of raw materials as a result of hydro-refining are made.

**Ключевые слова:** бензин каталитического крекинга, гидроочистка, энергозатраты, экологические требования, компаундирование, октановое число, Prime G+

**Key words:** catalytic cracking gasoline, hydrotreating, energy consumption, environmental requirements, blending, octane number, Prime G+

В современном мире наблюдается тенденция к ужесточению требований, предъявляемых к качеству товарных топлив. Топлива должны иметь необходимые экологические и эксплуатационные характеристики, согласно установленным нормам и стандартам.

В настоящее время автомобилестроительная индустрия развивается быстрыми темпами и определяет объемы потребления и спрос на моторные топлива [1]. Наиболее важная проблема при использовании моторных топлив – экологическая. Токсичность выхлопных газов определяется наличием в топливе ароматических, алкеновых углеводородов и сернистых соединений [2].

При сгорании аренов образуются канцерогенные вещества, которые накапливаются в воздухе. Попадая в организм через дыхательные пути, они вызывают образование злокачественных опухолей [3]. Углеводороды, не относящиеся к ароматическому ряду, оказывают раздражающее действие на слизистые оболочки организма. Оксиды азота разрушают озоновый слой, оказывают токсическое воздействие на организм человека и являются причиной кислотных дождей в различных регионах мира.

Таким образом, необходимо ограничивать содержание перечисленных веществ, чтобы обеспечить необходимые экологические требования.

В таблице 1 приведены требования к автомобильным бензинам по стандартам Евро-5 и Евро-6.

Таблица 1. Европейские требования к автомобильным бензинам

Показатели качества	Евро-5	Евро-6
Содержание бензола, % масс., не более	1,0	0,8
Содержание серы, ppm, не более	10	10
Содержание ароматических углеводородов, % об., не более	35	24
Содержание олефиновых углеводородов, % об., не более	14	11
Содержание кислорода, % масс., не более	2,7	2,7
Наличие моющих присадок	Обязательно	Обязательно
Выбросы NO <sub>x</sub> , г/кВт*ч, не более	2,0	0,46

Большая доля энергозатрат в нефтепереработке приходится на выпуск топлив для бензиновых и дизельных двигателей. Следовательно, повышение качества выпускаемых топлив и снижение энергозатрат на переработку являются актуальной задачей для нефтеперерабатывающей отрасли [4].

В решении этой задачи значительную роль играют вторичные процессы нефтепереработки, которые получили динамичное развитие в условиях все ужесточающихся требований к экологии топлив.

Одним из базовых компонентов, вовлекаемых в товарный автобензин, является бензин каталитического крекинга (БКК), доля которого в бензиновом пуле предприятий составляет около 30 % и с развитием процесса каталитического крекинга постоянно увеличивается.

В связи с этим по мере увеличения потребности в автомобильном бензине и повышения качества моторных топлив каталитический крекинг становится наиболее важным из процессов в нефтеперерабатывающей промышленности [5-7].

В зависимости от исходного сырья, используемой технологии и режимных параметров выход компонента бензина с октановым числом по исследовательскому методу 90 пунктов и более на современных установках каталитического крекинга составляет от 50 % масс. до 65 % масс. В таблице 2 приведено усредненное содержание данного компонента в товарных марках.

Таблица 2. Доля бензина каталитического крекинга в товарном пуле

Компонент	Содержание в товарном бензине, % масс.			
	АИ-80	АИ-92	АИ-95	АИ-98
Бензин каталитического крекинга	20-80	10-85	10-50	10-20

Целевой продукт процесса каталитического крекинга – бензиновая фракция с пределами кипения 35-205 °С. В таблице 3 приведен углеводородный состав получаемой фракции.

Таблица 3. Углеводородный состав бензина каталитического крекинга

Компонент	Содержание, % масс.
1. Н-алканы	5
2. Изо-алканы	28
3. Цикланы	8,5
4. Арены, в том числе бензол	27,5 1,5
5. Алкены	31
Всего	100

Чтобы получить топливо, соответствующее настоящим требованиям экологии, перед компаундированием БКК необходимо подвергнуть дополнительной очистке. Данный компонент является основным источником алкеновых углеводородов (27-35 % масс.) и общей серы (500-800 мг/кг) в товарных бензинах (рисунок 1), что является лимитирующим фактором при его вовлечении в компаундирование.



Рисунок 1. Источники сернистых соединений в товарном бензине

Алкены в составе бензина обуславливают хорошую детонационную стойкость, но, в свою очередь, имеют низкую химическую стабильность и при хранении могут окисляться и полимеризоваться. Основным недостатком детонационной стойкости БКК является низкое октановое число по моторному методу, что непосредственно связано с большой

чувствительностью углеводородов в его составе. Разница октановой характеристики по исследовательскому и моторному методам составляет порядка 11-14 пунктов [8].

Из-за наличия сернистых соединений: меркаптанов, сульфидов, алкилзамещенных тиофенов, тиофенолов и бензтиофенов – рассматриваемый бензин не удовлетворяет требованиям Евро-5 и должен быть очищен от соединений серы перед вовлечением в товарные партии [9-11].

Наиболее распространенным способом удаления гетероатомных соединений (в частности серы) из нефтепродуктов является процесс гидроочистки.

Однако применение традиционной установки гидроочистки для обессеривания БКК неприемлемо, так как это приведет к снижению детонационной стойкости вследствие гидрирования алкеновых углеводородов, октановые числа которых выше, чем соответствующих им алканов.

В зависимости от используемого сырья и технологии каталитического крекирования могут широко изменяться количественное содержание соединений серы в БКК и их характер, а также углеводородный состав. Однако распределение углеводородов и сернистых соединений по фракциям подчиняется общим закономерностям. В легких фракциях в основном содержатся меркаптаны, а в тяжелых – тиофен и его производные [12, 13].

Распределение углеводородов по фракциям БКК также неравномерно.

Ароматические углеводороды концентрируются преимущественно в тяжелых фракциях, тогда как алкены содержатся преимущественно в легкой части. Если подвергнуть гидроочистке легкую фракцию бензина, то это приведет к снижению его детонационной стойкости за счет насыщения двойной связи алкенов.

Таким образом, удаление соединений серы из бензина каталитического крекинга носит противоречивый характер, так как чем больше степень обессеривания, тем более существенно снижается детонационная стойкость гидрогенизата.

Существует три основных направления по снижению содержания общей серы в БКК:

- гидроочистка сырья установки каталитического крекинга (преимущественно вакуумного газойля);
- удаление сернистых соединений в реакторе крекинга введением в катализатор добавочных компонентов;
- удаление сернистых соединений из конечного продукта.

Ниже рассмотрена технология сероочистки конечного продукта.

В ходе развития процессов гидрооблагораживания БКК был разработан ряд технологий, имеющих общие особенности их реализации: промежуточная ректификация реакционной массы после этапа селективного гидрирования с целью отделения легкого компонента бензина, который имеет высокую октановую характеристику, очищен от сернистых соединений и содержит большое количество алкеновых углеводородов; тяжелая часть бензина поступает на гидрообессеривание, затем стабилизируется, смешивается с легкой частью и направляется в товарный парк на компаундирование.

На стадии селективного гидрирования меркаптаны и сульфиды превращаются в более тяжелые сульфиды и дисульфиды, алкены изомеризуются, а диены гидрируются. Тяжелый бензин из сплиттера на этапе гидрообессеривания окончательно очищается от сернистых соединений, при этом алкены гидрируются минимально.

Существует несколько основных лицензиаров данного процесса: Axens (Франция), Exxon-Mobil (США), CD TESH (США).

Технология Prime G+ французской фирмы Axens является современной и распространенной модификацией процесса. Компанией Axens было пролицензировано более 240 установок Prime G+.

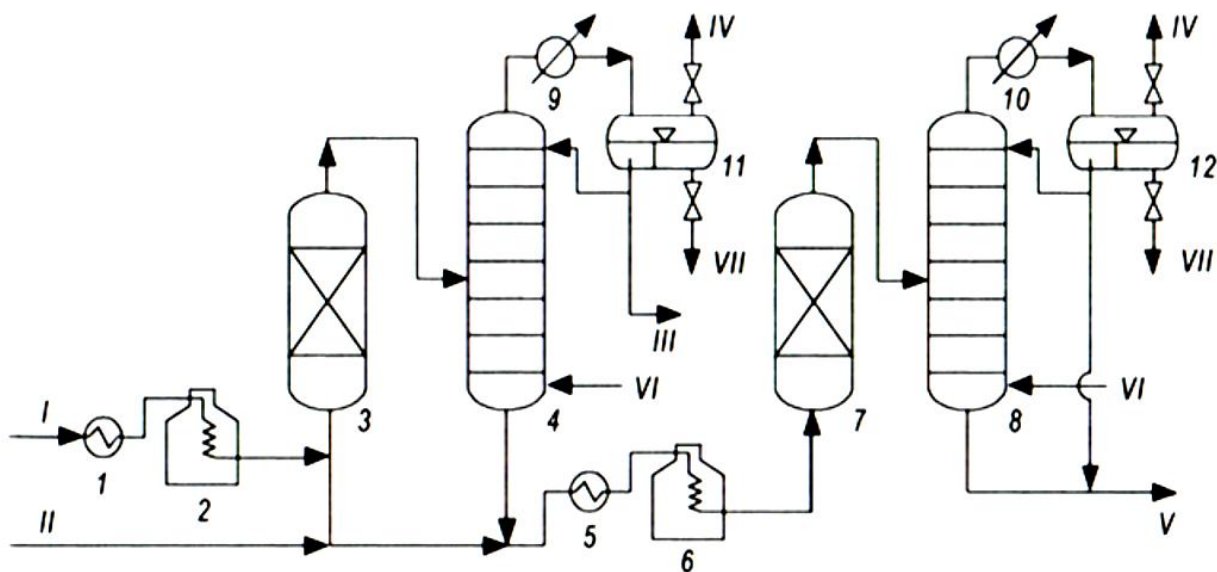
Одной из важнейших особенностей технологии является применение двойной каталитической системы в реакторе гидрообессеривания.

Осуществляемый подход принципиален для получения гидрогенизата с низким содержанием серы при низкой доле реакций гидрирования

алкенов, что позволяет максимально сохранить детонационную стойкость бензина. Однако при реализации процесса Prime G+ не удастся полностью избежать потерь октанового числа бензина.

В ходе анализа процесса было выявлено, что сырье предварительно нагревается в теплообменнике и печи перед подачей в реактор гидрирования.

В реакторе гидрирования происходит частичная гидроочистка от сернистых соединений и селективное гидрирование в стационарном слое катализатора. Далее гидрогенизат поступает в сплиттер, где разделяется на легкий и тяжелый бензины. Тяжелая часть обессеривается в реакторе глубокой гидроочистки, стабилизируется в колонне и поступает на смешение с легкой частью. Принципиальная технологическая схема процесса приведена на рисунке 2 [14].



1, 5 – теплообменники; 2, 6 – печи; 3 – реактор гидрирования; 4 – разделительная колонна; 7 – реактор глубокой гидроочистки; 8 – стабилизационная колонна; 9, 10 – холодильники; 11, 12 – сепараторы;

I – бензин каталитического крекинга; II – водород; III – легкий гидрогенизат; IV – газ; V – тяжелый гидрогенизат; VI – водяной пар; VII – конденсат

Рисунок 2. Принципиальная технологическая схема процесса гидрооблагораживания бензина каталитического крекинга Prime G+



В таблице 4 приведены характеристики сырья и конечного продукта – смеси легкого и тяжелого гидрогенизата. Стоит отметить, что в данном процессе до 10 % масс. (от исходного сырья) легкого гидрогенизата выводится с установки в качестве самостоятельного продукта [15].

В ходе процесса происходят следующие изменения свойств БКК:

- снижение количества общей и меркаптановой серы, при этом достигается глубина обессеривания в среднем 95 % масс. (по общей сере);
- снижение детонационной стойкости как по исследовательскому (1,5-2,5 пункта), так и по моторному методу (0,3-0,8 пункта);
- небольшое утяжеление фракционного состава вследствие изменения структуры углеводородов бензина, а также из-за отбора легкого гидрогенизата в качестве самостоятельного компонента (до 10 % масс. на сырье). При этом незначительно увеличивается плотность продукта.

Таблица 4. Характеристики сырья и продукта установки Prime G+

Показатель	Сырье – бензин каталитического крекинга после очистки на секции «Mercox»	Продукт – смесь легкого и тяжелого гидрогенизатов
Содержание общей серы, мг/кг	190-410	9-17
Содержание меркаптановой серы, мг/кг	10-55	5-9
Октановое число: – исследовательский метод	93,7-94,4	91,3-92,3
– моторный метод	81,2-82,0	80,3-81,7
Плотность при 15 °С, кг/м <sup>3</sup>	739,0-747,9	738,7-749,1
Фракционный состав: – температура начала кипения, °С	32-38	36-41
– 10 % об. перегоняется при температуре, °С	50-53	53-57
– 50 % об. перегоняется при температуре, °С	94-102	100-108
– 90 % об. перегоняется при температуре, °С	176-190	177-184
– конец кипения, °С	193-210	203-210

## Выводы

1. Тенденция ужесточения экологических и эксплуатационных требований к автомобильным бензинам оказывает непосредственное влияние на развитие и модернизацию вторичных каталитических процессов.

2. Бензин каталитического крекинга составляет до 30 % парка смешения и в то же время является основным источником сернистых соединений.

3. Традиционные технологии гидроочистки неприемлемы для обессеривания бензина каталитического крекинга, что связано с его химическим составом. При гидрировании сернистых соединений происходит одновременное насыщение алкенов со значительной потерей детонационной стойкости.

4. Технология Prime G+ фирмы Axens реализует комплексный подход к получению компонента бензина, соответствующего современным стандартам.

5. В результате процесса степень гидрообессеривания составляет в среднем 95 % масс. по общей сере и 80 % масс. по меркаптановой сере. Комплексный подход не позволяет полностью избежать потери детонационной стойкости как по исследовательскому, так и по моторному методам.

6. Наибольшим октановым числом обладает легкий бензин, отбираемый из сплиттера. Его октановое число по исследовательскому методу составляет 92 пункта. Содержание алкенов более 45 % масс. ограничивает вовлечение данного компонента в компаундирование как самостоятельной составляющей.

7. Тяжелый бензин содержит около 60 % высокооктановых компонентов, в состав которых входят арены и алкены C<sub>6</sub>+

### Список используемых источников

1. Ахметов С.А. Экологическая химмотология топлив и масел. Уфа: УГНТУ, 2008. 150 с.
2. Матузов Г.Л., Ахметов А.Ф. Пути производства автомобильных бензинов с улучшенными экологическими свойствами // Башкирский химический журнал. 2007. № 14. С. 121-125.
3. Сайфуллин Н.Р., Ишмаков Р.М., Абызгильдин А.Ю., Губайдуллин Н.М., Гаскаров Н.С., Хафизов А.Р. Автомобиль и экология. Уфа: Изд-во УГНТУ, 1998. 133 с.
4. Сидоров Г.М. Разработка и внедрение энергосберегающей технологии фракционирования нефтяных смесей с использованием сложных колонн с частично связанными потоками: дисс. ... д-ра техн. наук. Уфа, 1999. 317 с.
5. Шарипов Р.А., Сидоров Г.М., Зиннатуллин Р.Р., Дмитриев Ю.К. Роль процесса каталитического крекинга в производстве высокооктановых автомобильных бензинов // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1-1. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=18061> (дата обращения: 09.11.2018).
6. Ершов Д.С., Хафизов А.Р., Мустафин И.А., Станкевич К.Е., Ганцев А.В., Сидоров Г.М. Современное состояние и тенденции развития процесса каталитического крекинга // Фундаментальные исследования. 2017. № 12-2. С. 282-286.
7. Шарипов Р.А., Зиннатуллин Р.Р., Сидоров Г.М. Развитие процесса каталитического крекинга // Актуальные проблемы науки и техники – 2013: сб. тр. VI Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых. 2013. С. 71-72.
8. Рудин М.Г., Драбкин А.Е. Краткий справочник нефтепереработчика: справочник. Л.: Химия, 1980. 328 с.

9. Ишмаева Э.М., Булатов Д.Р., Сидоров Г.М. Улучшение качества бензина каталитического крекинга // Электронный журнал «Нефтегазовое дело». 2016. № 1. URL: [ogbus.ru/files/ogbus/issues/1\\_2016/ogbus\\_1\\_2016\\_p158-168\\_IshmaevaEM\\_ru.pdf](http://ogbus.ru/files/ogbus/issues/1_2016/ogbus_1_2016_p158-168_IshmaevaEM_ru.pdf). DOI: <http://dx.doi.org/10.17122/ogbus-2016-1-158-168>.

10. Ишмаева Э.М., Сидоров Г.М. Гидроочистка бензиновой фракции процесса каталитического крекинга и пути ее развития в нефтепереработке // Актуальные проблемы науки и техники – 2015: матер. VIII Междунар. науч.-практ. конф. / УГНТУ. Уфа, 2015. С. 242-244.

11. Ишмаева Э.М., Сидоров Г.М. Улучшение качества бензина каталитического крекинга // Фундаментальные и прикладные исследования в технических науках в условиях перехода предприятий на импортозамещение: проблемы и пути решения: сб. тр. Всеросс. науч.-техн. конф. с междунар. участием. 2015. С. 40-42.

12. Ишмаева Э.М., Сидоров Г.М. Анализ технологического режима и качества продуктов установки гидроочистки бензина каталитического крекинга // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2017. № 4. С. 9-13.

13. Ишмаева Э.М., Сидоров Г.М. Результаты исследований установки гидроочистки бензина каталитического крекинга // Нефтегазопереработка – 2017: матер. Междунар. науч.-практ. конф. 2017. С. 27-28.

14. Капустин В.М., Гуреев А.А. Технология переработки нефти. М.: Химия, 2015. Ч. 2: Физико-химические процессы. 400 с.

15. Ермак А.А., Бугаевич О.Г. Изменение углеводородного состава бензина каталитического крекинга MCSS в результате его гидрооблагораживания по технологии Prime G+ // Промышленность. Прикладные науки. Химическая технология. 2015. № 11. С. 127-132.

## References

1. Akhmetov S.A. *Ecologicheskaya himmotologiya topliv i masel* [Ecological Chemmotology of Fuels and Oils]. Ufa, UGNTU Publ., 2008, 150 p. [in Russian].
2. Matuzov G.L., Akhmetov A.F. Puti proizvodstva avtomobil'nykh benzinov s uluchshennymi ekologicheskimi svoistvami [Ways of Manufacture of Automobile Gasolines by Improved Ecological Properties]. *Bashkirskii khimicheskii zhurnal – Bashkir Chemical Journal*, 2007, No. 2, pp. 121-125. [in Russian].
3. Saifullin N.R., Ishmakov R.M., Abyzgil'din A.Yu., Gubaidullin N.M., Gaskarov N.S., Khafizov A.R. *Avtomobil' i ehkologiya* [Car and Ecology]. Ufa, UGNTU Publ., 1998, 133 p. [in Russian].
4. Sidorov G.M. *Razrabotka i vnedrenie energosberegayushchei tekhnologii fraksionirovaniya neftyanykh smesei s ispol'zovaniem slozhnykh kolonn s chastichno svyazannymi potokami: dis. doc. tekhn. nauk* [Development and Implementation of Energy-Saving Technology for Fractionation of Oil Mixtures Using Complex: Doc. Engin. Sci. Diss.]. Ufa, 1999, 317 p. [in Russian].
5. Sharipov R.A., Sidorov G.M., Zinnatullin R.R., Dmitriev Yu.K. Rol' protsessa kataliticheskogo krekinga v proizvodstve vysokooktanovykh avtomobil'nykh benzinov [Role of the process of Catalytic Cracking in the Production of Highoctane Automobile Gasolines]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya – Modern Problems of Science and Education*, 2015, No. 1. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=18061> (accessed 09.11.2018). [in Russian].
6. Ershov D.S., Khafizov A.R., Mustafin I.A., Stankevich K.E., Gantsev A.V., Sidorov G.M. Sovremennoe sostoyanie i tendentsii razvitiya protsessa kataliticheskogo krekinga [Current State and Trends in the Development of the Catalytic Cracking Process]. *Fundamental'nye issledovaniya – Fundamental Research*, 2017, No. 12-2, pp. 282-286. [in Russian].

7. Sharipov R.A., Zinnatullin R.R., Sidorov G.M. Razvitiye protsessa kataliticheskogo krekinga [Development of the Catalytic Cracking Process]. *Sbornik trudov VI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh «Aktual'nye problemy nauki i tekhniki – 2013»* [Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference of Young Scientists «Actual Problems of Science and Technology»]. 2013, pp. 71-72. [in Russian].

8. Rudin M.G., Drabkin A.E. *Kratkii spravochnik neftepererabotchika* [Brief Reference Book of Petroleum Processor]. Moscow, Khimiya Publ., 1980. 328 p. [in Russian].

9. Ishmaeva E.M., Bulatov D.R., Sidorov G.M. Uluchshenie kachestva benzina kataliticheskogo krekinga [Improving the Quality of Catalytic Cracking Gasoline]. *Elektronnyi zhurnal «Neftegazovoe delo» – Electronic Journal «Oil and Gas Business»*, 2016, No. 1, pp. 158-168. URL: [ogbus.ru/files/ogbus/issues/1\\_2016/ogbus\\_1\\_2016\\_p158-168\\_IshmaevaEM\\_ru.pdf](http://ogbus.ru/files/ogbus/issues/1_2016/ogbus_1_2016_p158-168_IshmaevaEM_ru.pdf). DOI: <http://dx.doi.org/10.17122/ogbus-2016-1-158-168>. [in Russian].

10. Ishmaeva E.M., Sidorov G.M. Gidroochistka benzinovoi fraktsii protsessa kataliticheskogo krekinga i puti ee razvitiya v neftepererabotke [Hydrotreating the Gasoline Fraction of the Catalytic Cracking Process and the Ways of its Development in Oil Refining]. *Sbornik trudov VIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh «Aktual'nye problemy nauki i tekhniki»*. [Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference of Young Scientists «Actual Problems of Science and Technology»]. 2015, pp. 242-244. [in Russian].

11. Ishmaeva E.M., Sidorov G.M. Uluchshenie kachestva benzina kataliticheskogo krekinga [Improving the Quality of Catalytic Cracking Gasoline]. *Sbornik trudov Vserossiiskoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Fundamental'nye i prikladnye issledovaniya v tekhnicheskikh naukakh v usloviyakh perekhoda predpriyatii na importozameshchenie: problemy i puti resheniya»* [Proceedings of Works of the All-Russian Scientific and Technical Conference with International Participation «Fundamental and Applied Research in Technical Sciences in the Conditions of

Transition of Enterprises to Import Substitution: Problems and Solutions»]. 2015, pp. 40-42. [in Russian].

12. Ishmaeva E.M., Sidorov G.M. Analiz tekhnologicheskogo rezhima i kachestva produktov ustanovki gidroochistki benzina kataliticheskogo krekinga [Analysis of the Technological Regime and Quality of the Products of the Catalytic Cracking Gasoline Hydrotreating Unit]. *Mir nefteproduktov. Vestnik neftyanykh kompanii – World of Oil Products. The Oil Companies' Bulletin*, 2017, No. 4, pp. 9-13. [in Russian].

13. Ishmaeva E.M., Sidorov G.M. Rezul'taty issledovaniy ustanovki gidroochistki benzina kataliticheskogo krekinga [Results of the Catalytic Cracking Gasoline Hydrotreatment Unit]. *Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Neftegazopererabotka – 2017»* [Materials of the International Scientific-Practical Conference «Processing Oil and Gas – 2017»]. 2017, pp. 27-28. [in Russian].

14. Kapustin V.M., Gureev A.A. *Tekhnologiya pererabotki nefti*. [Oil Refining Technology]. Moscow, Khimiya, 2015, Ch.2. Fiziko-khimicheskie protsessy [Part 2. Physical and Chemical Processes], 400 p. [in Russian].

15. Ermak A.A., Bugaevich O.G. Izmenenie uglevodorodnogo sostava benzina kataliticheskogo krekinga MCSSv rezul'tate ego gidrooblagorazhivaniya po tekhnologii Prime G+ [The Change in Hydrocarbon Composition of Gasoline Catalytic Cracking MCSS as a Result of his Post Treatment through the Prime G+ Process]. *Promyshlennost'. Prikladnye nauki. Khimicheskaya tekhnologiya – Industry. Applied Science. Chemical Technology*, 2015, No. 11, pp. 127-132. [in Russian].

## Сведения об авторах

### About the authors

Жуков Кирилл Германович, студент кафедры «Технология нефти и газа», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Kirill G. Zhukov, Student of Technology of Oil and Gas Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

e-mail: KirillZhukovUSPTU@yandex.ru

Акбарова Элина Ибрагимовна, студент кафедры «Технология нефти и газа», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Elina I. Akbarova, Student of Technology of Oil and Gas Department, USPTU, Ufa, Russian Federation

Иванова Кристина Валерьевна, студент кафедры «Технология нефти и газа», УГНТУ, г. Уфа, Российская Федерация

Kristina V. Ivanova, Student of Technology of Oil and Gas Department, USPTU, Ufa, Russian Federation