

УДК 665.62

**О ВЫБОРЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ СЫРЬЯ
ДЛЯ КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА
ОАО «ГАЗПРОМ НЕФТЕХИМ САЛАВАТ»**

**ON THE CHOICE OF RAW MATERIALS PREPARATION
TECHNOLOGY FOR CATALYTIC CRACKING
JSC «GAZPROM NEFTEKHIM SALAVAT»**

Воробьева А. И., Евдокимова Н. Г., Лунева Н. Н.

**Уфимский государственный нефтяной технический университет,
филиал в г. Салавате, Российская Федерация**

A. I. Vorobyeva, N. G. Evdokimova, N. N. Luneva

**Ufa State Petroleum Technological University, branch in Salavat,
the Russian Federation**

e-mail: ruskih1.r@yandex.ru

Аннотация. С решением задачи по углублению переработки нефти наблюдается тенденция к использованию в процессах гидрокрекинга и каталитического крекинга утяжеленного сырья (глубоковакуумных газойлей, деасфальтизаторов, мазутов и даже гудронов). Быстрое отравление катализаторов утяжеленным сырьем ведет к ухудшению качества продукции и уменьшению межремонтного пробега установок. Эти факторы стимулируют интерес к процессам предварительной подготовки сырья, позволяющим получить сырье с улучшенными характеристиками.

Работа посвящена выбору наиболее эффективной и экономически целесообразной технологии подготовки сырья для строящейся установки каталитического крекинга в ОАО «Газпром нефтехим Салават». В качестве компонента сырья процесса предлагается использовать тяжелые нефтяные

остатки (гудрон установки ЭЛОУ-АВТ-6) после их подготовки, что позволит увеличить глубину переработки нефти.

Были рассмотрены технологии: термоадсорбционная деасфальтизация гудрона, деасфальтизация гудрона с гидрообессериванием деасфальтизата, гидрообессеривание гудрона в реакторе «бункерного» типа и гидрообессеривание гудрона с трехфазным «кипящим» слоем катализатора. В работе представлены материальные балансы процессов. Для их расчетов в качестве сырья использовали гудрон с температурой начала кипения > 520 °С. Производительность установок определили в 1623600 т/год, что соответствует выработке гудрона на установке ЭЛОУ-АВТ-6 в ОАО «Газпром нефтехим Салават». Также оценено качество получаемых нефтепродуктов, рассчитаны технико-экономические показатели.

Установлено, что наиболее привлекательным процессом для подготовки сырья каталитического крекинга в ОАО «Газпром нефтехим Салават» из гудрона смеси западносибирских нефтей и рационального использования полученных светлых фракций и остатка может стать технология гидрокрекинга гудрона с трехфазным «кипящим» слоем катализатора типа «H-Oil». Данная технология имеет ряд преимуществ: высокий выход малосернистых дистиллятных продуктов, возможность глубокой переработки нефтяных остатков и других тяжелых углеводородов, получение высококачественного сырья для процессов каталитического крекинга и коксования, безопасность, надежность, легкость в эксплуатации установки. Себестоимость продукции составит порядка 9300 руб./т.

Abstract. There is a tendency to use in the processes of hydrocracking and catalytic cracking weighted feedstock (deep vacuum gas oils, DAO, fuel oil and even tar) for the problem solution to deepen oil processing. Rapid catalyst poisoning weighted raw material leads to a deterioration quality of products and reduce turnaround facilities. These factors have stimulated interest for the pre-

treatment of raw material processes. It allows to obtain materials with improved characteristics.

The work is devoted to the choice of the most efficient and economic expediency raw feedstock preparation technology for the construction of a catalytic cracking unit at JSC «Gazprom neftekhim Salavat». We offer to use heavy oil residues (tar installation CDU-AVT-6) as a component of the raw feedstock of the process after their preparation, that will increase the depth of oil refining.

We considered technologies such as thermal adsorption tar deasphalting, tar deasphalting with hydrodesulphurization DAO, hydrodesulphurization tar in «bin» type reactor and hydrodesulphurization tar with a three-phase fluidized catalyst bed. Material balances processes was represented in the work. We used as the raw material tar with an initial boiling point > 520 °C for calculations. Performance settings defined in 1623600 tons / year, which corresponds to the development of tar on the installation CDU-AVT-6 OJSC «Gazprom Neftekhim Salavat». Also in the work were represented product quality assessment calculation of technical and economic indicators product quality.

It found that the technology of hydrocracking tar with a three-phase fluidized catalyst bed like «H-oil» can be the most advantageous process for the preparation of catalytic cracking feedstock JSC «Gazprom neftekhim Salavat» from tar mixture of Western Siberian oil and rational use of the received light fractions and residue This technology has a number of advantages: a high yield of low-sulfur distillate products, the possibility of deep processing of oil residues and other heavy hydrocarbons, to obtain high quality raw materials for catalytic cracking and coking processes, safety, reliability, ease of installation. The cost price of production will be about 9300 rub./ t.

Ключевые слова: гудрон, сырье каталитического крекинга, отравление катализатора, деасфальтизация, гидрообессеривание, бункерный метод, кипящий слой, выход продуктов, экономическая целесообразность, себестоимость.

Key words: tar, catalytic cracking feedstock, catalyst poisoning, deasphalting, hydrodesulfurization, bin method, fluidized bed, product output, economic expediency, cost price.

Каталитические процессы, такие как каталитический крекинг (КК) и гидрокрекинг, являются наиболее эффективными процессами для получения высококачественной продукции нефтепереработки и нефтехимии. Традиционное сырье этих процессов – вакуумные газойли установок первичной перегонки нефти (АВТ). Однако с решением задачи по углублению переработки нефти наблюдается тенденция к использованию в этих процессах утяжеленного сырья (глубоковакуумных газойлей, деасфальтизатов, мазутов и даже гудронов).

Наибольшие трудности при каталитическом крекинге флюиде (ККФ) нефтяных остатков вызывают их высокая коксуемость и содержание металлов, главным образом никеля и ванадия, вызывающих необратимое отравление катализатора. Считается, что остаточное сырье с содержанием ванадия до 5 мг/кг и коксуемостью по Конрадсону ниже 5 % масс. можно перерабатывать на обычных установках ККФ без предварительной подготовки при содержании серы и азота в нем 1,25 и 0,13 % масс. соответственно. Однако непосредственная переработка нефтяных остатков с коксуемостью выше 10 % масс. и содержанием металлов более 30 мг/кг, к которым относятся гудроны установок АВТ, как правило, нерентабельна без их предварительной подготовки.

Быстрое отравление катализаторов утяжеленным сырьем ведет к ухудшению качества продукции и уменьшению межремонтного пробега установок каталитического крекинга. Эти факторы стимулируют интерес к процессам предварительной подготовки сырья, позволяющим получить сырье с улучшенными характеристиками.

В 2017 г. ОАО «Газпром нефтехим Салават» (ОАО ГНХС) планирует ввести в эксплуатацию установку каталитического крекинга «FCC» (лицензиар фирма «Shell»). Проектная мощность установки составит 1100 тыс. т/год. Планируется использовать в качестве сырья гидроочищенный вакуумный газойль с установки ЭЛОУ-АВТ-6 и тяжелый вакуумный газойль установки висбрекинга гудрона, который в своем составе имеет большое количество высокомолекулярных ароматических и полициклоароматических углеводородов. Известно, что эти углеводороды способствуют быстрому отравлению катализатора каталитического крекинга и снижению выхода целевых продуктов.

В современной нефтепереработке существует ряд технологических процессов, позволяющих достаточно качественно подготовить сырье для каталитического крекинга из тяжелых нефтяных остатков [1]. Эти технологии характеризуются высокими капитальными затратами и трудностями технологического характера. Однако они позволяют значительно увеличить глубину переработки нефти и получить дополнительное количество дистиллятных нефтяных фракций – сырья для высококачественных моторных топлив, масел, нефтехимии.

Целью данной работы является анализ и определение наиболее эффективной технологии подготовки сырья для каталитического крекинга из гудрона западносибирских нефтей установки ЭЛОУ-АВТ-6 ОАО «Газпром нефтехим Салават».

Были рассмотрены следующие технологии:

- термоадсорбционная деасфальтизация гудрона;
- деасфальтизация гудрона с гидрообессериванием деасфальтизата;
- гидрообессеривание гудрона в реакторе «бункерного» типа;
- гидрообессеривание гудрона с трехфазным «кипящим» слоем катализатора.

Наиболее распространенными методами некаталитической подготовки остаточных видов сырья являются процессы сольвентной и термоадсорбционной деасфальтизации и деметаллизации.

Процесс термоадсорбционной деасфальтизации гудрона, например, процесс АРТ (фирма «Энгельхард корпорейшн») [2], представляет собой процесс очистки мазутов и других видов остаточного сырья от металлов, кокса и серы, заключающийся в контактировании сырья с горячим мелкодисперсным адсорбентом-теплоносителем, который называется АРТКАТ. Удаление металлов в процессе АРТ составляет свыше 95%, серы и азота от 50 до 85%, а асфальтенов почти 100%. При этом крекинг протекает в минимальной степени, так как адсорбент не обладает крекирующей активностью. Полученный в процессе тяжелый газойль используется как сырье каталитического крекинга и по качеству близок к вакуумному газойлю.

Процесс деасфальтизации гудрона с гидрообессериванием деасфальтизата предложен ГУП ИНХП РБ (ранее БашНИИ НП) [3]. Деасфальтизация осуществляется бензином (процесс Добен) или бутаном, а гидрообессеривание деасфальтизата проводится в стационарном слое специального широкопористого катализатора. При переработке гудрона товарной смеси западносибирской нефти пентаном получается 65-90% деасфальтизата. Длительность непрерывной работы катализатора при гидрообессеривании деасфальтизата составляет 8-10 тыс. ч., а содержание серы в гидрогенизате составляет 0,5-0,8 % масс. [3].

Получить максимальный выход дистиллятов и малосернистое котельное топливо или переработать гудрон в малосернистое сырье каталитического крекинга можно гидрогенизационными процессами [3-5]. Так, в процессе компании Shell Global Solutions используется реактор «бункерного» типа с движущимся катализатором [3-5]. Бункерные реакторы используют при переработке сырья с повышенным содержанием металлов. Стабильная работа установки достигается благодаря

постоянному обновлению катализатора в бункер-реакторе. Давление в реакторе поддерживается в диапазоне 10-20 МПа, температура 370-420 °С.

Гидрообессеривание гудрона с трехфазным «кипящим» слоем катализатора на установке типа «H-Oil» [3-5] позволяет проводить процесс в изотермическом режиме при перепаде температур по высоте слоя 3-4 °С. Процесс позволяет переработать гудрон с содержанием 200-300 г/т ванадия и никеля. В данном процессе катализатор заменяется непрерывно в ходе работы установки. На установке типа «H-Oil» можно реализовать различные схемы переработки: глубокий гидрокрекинг гудрона с получением дистиллятных фракций и сырья каталитического крекинга или гидрообессеривание гудрона с получением до 68% котельного топлива с содержанием серы около 1 % масс.

Для расчетов материальных балансов технологических процессов подготовки сырья КК в качестве сырья использовали гудрон с температурой начала кипения > 520 °С. Производительность установок определили в 1623600 т/год, что соответствует выработке гудрона на установке ЭЛОУ-АВТ-6 в ОАО «Газпром нефтехим Салават». Материальные балансы рассмотренных процессов по полученным продуктам представлены в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1. Материальный баланс процессов подготовки сырья для каталитического крекинга ОАО «Газпром нефтехим Салават», т/год

Продукт	Технологический процесс			
	Типа АРТ	Типа ГУП ИНХП РБ	Типа Shell Global Solutions	Типа H-Oil
Бензин	243540	38641	64944	84427
Легкий газойль	243540	131277	324720	407523
Тяжелый газойль	892980	841150	665676	467434
Остаток >580 °С	-	568260	470844	637587

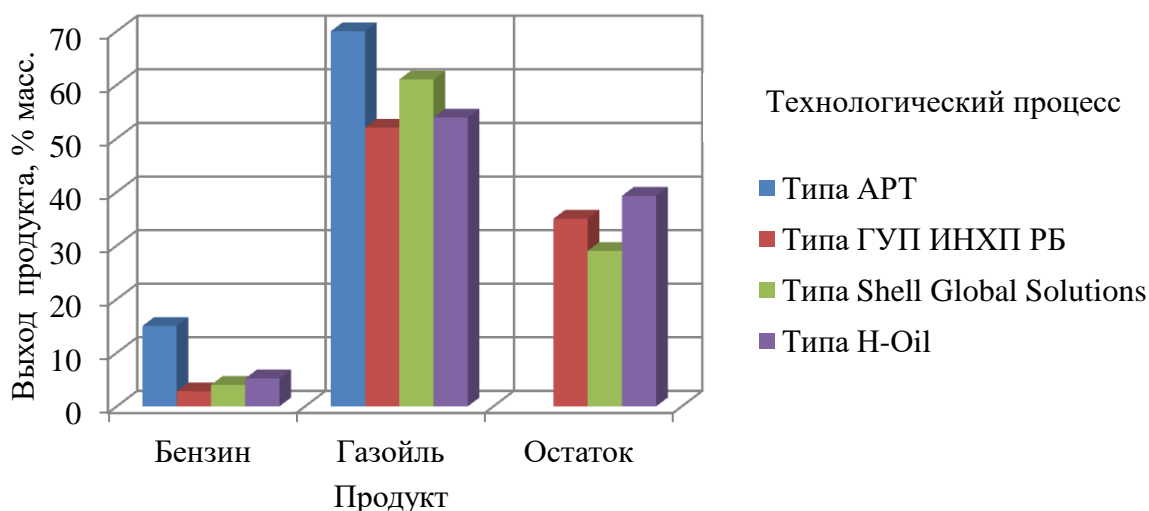


Рисунок 1. Выход продуктов процессов подготовки сырья каталитического крекинга

Использование процессов деасфальтизации типа АРТ и сольвентной деасфальтизации позволяет получить подготовленное сырье со степенью обессеривания 40-60% и содержанием металлов лишь в 10 раз ниже, чем в исходном сырье, что не обеспечивает в достаточной степени требования к качеству сырья каталитического крекинга по этим показателям. Газойлевые фракции процесса типа АРТ высокоароматичны, что ведет к быстрому обратимому отравлению катализатора, увеличению его циркуляции и использованию двухступенчатого процесса регенерации, а бензиновые фракции требуют дополнительной гидроочистки и облагораживания, например, на установках каталитического риформинга. Тогда как гидрокаталитические процессы, реализованные по технологиям типа Shell Global Solutions и H-Oil, обеспечивают получение сырья каталитического крекинга со степенью обессеривания до 92% и деметаллизацией до 99%, а бензиновые фракции могут содержать серы менее 1 ppm и являться качественным сырьем установок риформинга. С учетом перспективных планов развития ОАО «Газпром нефтехим Салават», которые предусматривают строительство установки замедленного коксования производительностью 500 тыс. т/год, остатки

этих процессов могут стать качественным сырьем для получения малосернистого нефтяного кокса.

Выбор технологии подготовки сырья каталитического крекинга должен также определяться экономикой проекта. Основным недостатком термических процессов подготовки сырья КК (типа АРТ) является невысокое качество получаемых продуктов, большой выход высокосернистой газойлевой фракции, значительные выбросы дымовых газов при регенерации адсорбента, что, на наш взгляд, является решающим не в пользу данного процесса. Технология, основанная на сольвентной деасфальтизации и последующей гидроочистке деасфальтизата, энергоемка и требует дополнительных технологий переработки значительного количества трудноутилизируемого асфальта деасфальтизации. Поэтому были проведены сравнительные экономические расчеты целесообразности подготовки сырья каталитического крекинга гидрогенизационными процессами для ОАО «Газпром нефтехим Салават» [6,7].

Расчеты показали, что капитальные вложения на строительство установки по технологии с реактором «бункерного» типа (Shell Global Solutions) на 7,5% больше, чем по технологии с реактором с «кипящим» слоем катализатора (типа «H-Oil»). На рисунке 2 показаны результаты расчета топливно-энергетических затрат и затрат на вспомогательные материалы при эксплуатации этих установок.

Установлено, что себестоимость газойлевых фракций – сырья каталитического крекинга, полученного по технологии с реактором с кипящим слоем (типа «H-Oil»), на 1,4% больше, чем по технологии с реактором «бункерного» типа (Shell Global Solutions) и меньше себестоимости тяжелого вакуумного газойля установки висбрекинга гудрона, предполагаемого для использования в смеси с вакуумным газойлем установки АВТ в качестве сырья КК (рисунок 3).

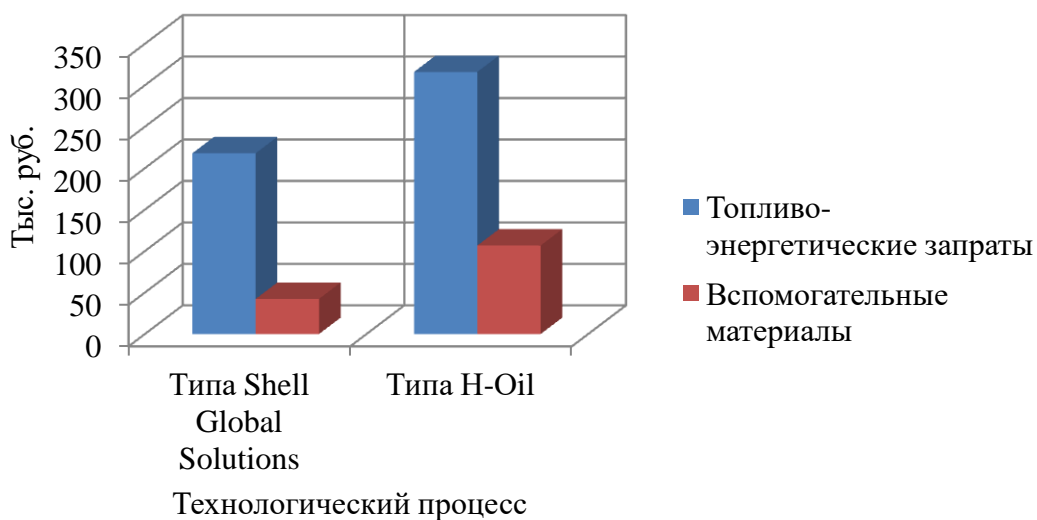


Рисунок 2. Топливо-энергетических затраты и затраты на вспомогательные материалы при строительстве установок подготовки сырья КК

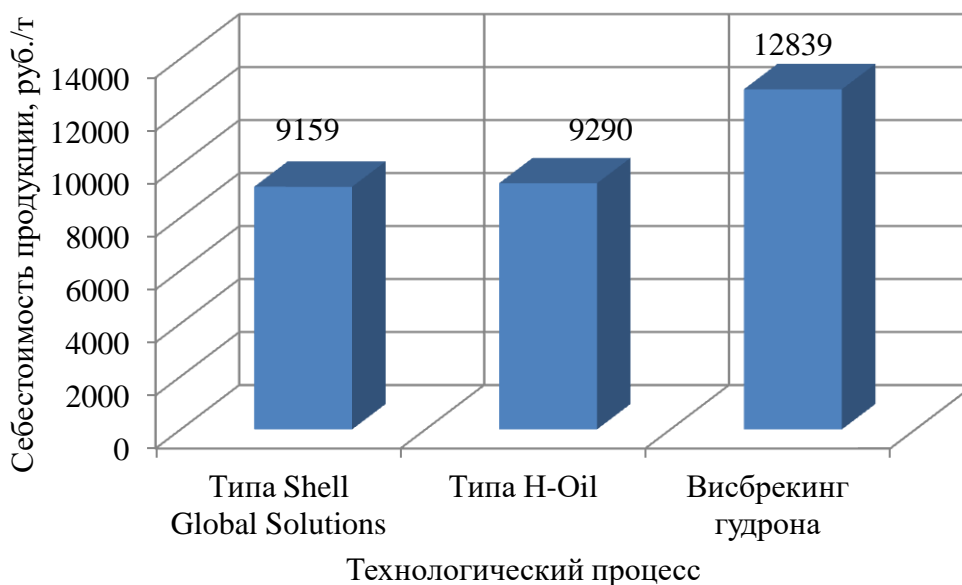


Рисунок 3. Себестоимость компонента сырья каталитического крекинга, подготовленного различными процессами

Таким образом, наиболее привлекательным процессом для подготовки сырья каталитического крекинга в ОАО «Газпром нефтехим Салават» из гудрона смеси западносибирских нефтей и рационального использования полученных светлых фракций и остатка может стать технология гидрокрекинга гудрона с трехфазным «кипящим» слоем катализатора типа «H-Oil».

Выводы

Данная технология имеет ряд преимуществ:

- высокий выход малосернистых дистиллятных продуктов;
- возможность глубокой переработки нефтяных остатков и других тяжелых углеводородов;
- получение высококачественного сырья для процессов каталитического крекинга и коксования;
- безопасность, надежность, легкость в эксплуатации установки.

Список используемых источников

- 1 Обзор основных процессов переработки углеводородного сырья / Б. С. Жирнов, А. А. Хайбуллин, Н. Г. Евдокимова, О. А. Баулин: учеб. пособие. Уфа: изд-во УГНТУ, 2015. 210 с.
- 2 Козин В. Г., Солодова Н. Л. Современные технологии производства компонентов моторных топлив. Казань: КГТУ, 2009. 328с.
- 3 Каминский Э. Ф., Хавкин В. А. Глубокая переработка нефти: технологический и экологический аспекты. М.: Техника, 2001. 384с.
- 4 Новейшие достижения технологии переработки нефтяных остатков. М., 2002. 114с.
- 5 Берг Г. А., Хабибуллин С. Г. Каталитическое гидрооблагораживание нефтяных остатков. Л.: Химия, 1986. 192 с.
- 6 Лунева Н. Н., Левина Т. М. Расчет эффективности инвестиционных проектов // Программа для ЭВМ: св. о гос. регистрации № 2009614444, 2009.
- 7 Лунева Н. Н. Оценка риска в инвестиционных проектах // Нефтегазопереработка-2015: материалы междунар. науч.-практ. конф. Уфа: ГУП ИНХП РБ, 2015. С. 4-5.

References

1 Obzor osnovnyh processov pererabotki uglevodorodnogo syr'ja / B. S. Zhirnov, A. A. Hajbullin, N. G. Evdokimova, O. A. Baulin: ucheb. posobie. Ufa: izd-vo UGNTU, 2015. 210 s. [in Russian].

2 Kozin V. G., Solodova N. L. Sovremennye tehnologii proizvodstva komponentov motornyh topliv. Kazan': KGTU, 2009. 328s. [in Russian].

3 Kaminskij Je. F., Havkin V. A. Glubokaja pererabotka nefti: tehnologicheskij i jekologicheskij aspekty. M.: Tehnika, 2001. 384s. [in Russian].

4 Novejshie dostizhenija tehnologii pererabotki neftjanyh ostatkov. M., 2002. 114s. [in Russian].

5 Berg G. A., Habibullin S. G. Kataliticheskoe gidrooblagorazhivanie neftjanyh ostatkov. L.: Himija, 1986. 192 s. [in Russian].

6 Luneva N. N., Levina T. M. Raschet jeffektivnosti investicionnyh proektov // Programma dlja JeVM: sv. o gos. registracii № 2009614444, 2009. [in Russian].

7 Luneva N. N. Ocenka riska v investicionnyh proektah // Neftegazopererabotka-2015: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Ufa: GUP INHP RB, 2015. S. 4-5.[in Russian].

Сведения об авторах

About the authors

Воробьева А. И., студент группы БТП-13-22, филиал ФГБОУ ВО УГНТУ в г. Салавате, Российская Федерация

A. I. Vorobyeva, Student of BTP-13-21 Group, Branch of FSBEI HE USPTU in Salavat, the Russian Federation

e-mail: njelikav2009@rambler.ru

Евдокимова Н. Г., д-р техн. наук, доцент кафедры химико-технологических процессов, филиал ФГБОУ ВО УГНТУ в г. Салавате
Российская Федерация

N. G. Evdokimova, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor of the Chair «Chemical-Technological Processes», Branch of FSBEI HE USPTU in Salavat, the Russian Federation

e-mail: ruskih1.r@yandex.ru

Лунева Н. Н., канд. экон. наук, директор филиала ФГБОУ ВО УГНТУ в г. Салавате, Российская Федерация

N. N. Luneva, Candidate of Economic Sciences, Director Branch of FSBEI HE USPTU in Salavat, the Russian Federation

e-mail: nat_luneva@mail.ru