

УДК 665.664.2; <https://doi.org/10.37878/2708-0080/2024-6.14>

<https://orcid.org/0009-0004-3242-7495>

<https://orcid.org/0000-0003-3251-1449>

<https://orcid.org/0000-0002-6758-3445>

<https://orcid.org/0009-0009-6516-769X>

<https://orcid.org/0000-0002-7241-9762>

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЕ КОМПАУНДИРОВАННОГО СЫРЬЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ КАТОЛИЧЕСКОГО КРЕКИНГА В ПСЕВДООЖИЖЕННОМ СЛОЕ КАТАЛИЗАТОРА



К.К. КАЛМАКОВ¹,
докторант,
kalmakovkk@mail.ru



Г.З. ТУРЕБЕКОВА¹,
кандидат технических наук,
профессор,
g.ture@mail.ru



Ф.М. ЮСУПОВ²,
зав.лаб., доктор технических наук,
профессор,
заведующий отделом науки
и подготовки научно-
педагогических кадров,
f.yusupov@yandex.com

М.Т. БОТБАЕВ¹, докторант, m.botbaev@mail.ru

С.Ж. ЕГЕМБЕРДИЕВА³, PhD, старший преподаватель, saltanat_2207@mail.ru

¹ЮЖНО-КАЗАХСТАНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. М. АУЭЗОВА
Республика Казахстан, 160012, г. Шымкент, проспект Тауке хана, 5

²ФИЛИАЛ РОССИЙСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА НЕФТИ И ГАЗА
ИМЕНИ И.М. ГУБКИНА
Республика Узбекистан, г. Ташкент, Дурмонйули, д. 34

³РЕГИОНАЛЬНЫЙ ИННОВАЦИОННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Республика Казахстан, 160000, г. Шымкент, ул. Рыскулова 27/2

Рассматриваются вопросы влияния компаундированного сырья на показатели процесса каталитического крекинга. Химический состав сырья значительно влияет на выход и качество получаемых продуктов каталитического крекинга. Поэтому остро стоит вопрос проведения обширных исследований, которые могут позволить значительно рас-

ширить ассортимент сырья, за счет использования тяжелых остатков нефтей, типа мазута, путем смешения их с традиционным сырьем каталитического крекинга. Однако с утяжелением сырья в них увеличивается содержание серосодержащих, азотсодержащих и кислородоорганических соединений, смол, металлов и других веществ, ухудшающих показатели каталитического крекинга. В этой связи подготовка сырья является одним из основных вопросов интенсификации процесса каталитического крекинга. С целью интенсификации процесса каталитического крекинга нами была подготовлена сырьевая смесь, состоящая из мазута прямой перегонки в объеме 70% масс. и негидроочищенного вакуумного газойля в объеме 30%, полученной путем вакуумной перегонки мазута из смесей нефтей Бузачинского, Акубинского и Кумкольских месторождений. В ходе проведенных исследований установлено, что введение в состав мазута до 30% вакуумного газойля способствует снижению коксообразования на катализаторе и увеличению выхода целевого продукта бензина, а также снижается количество вредных выбросов в окружающую среду.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: Каталитический крекинг, мазут, вакуумный газойль, бензин, реактор, катализатор, мазут, тяжелые остатки нефти, псевдооживленный слой катализатора, кокс.

БІРІКТІРІЛГЕН ШИКІЗАТТЫҢ КАТАЛИЗАТОРДЫҢ СҰЙЫҚ ҚАБАТЫНДАҒЫ КАТАЛИТИКАЛЫҚ КРЕКИНГ КӨРСЕТКІШТЕРІНЕ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

К.К. КАЛМАКОВ¹, докторант, kalmakovkk@mail.ru

Г.З. ТУРЕБЕКОВА¹, техника ғылымдарының кандидаты, профессор,
g.ture@mail.ru

Ф.М. ЮСУПОВ², техника ғылымдарының докторы, профессор,
f.yusupov@yandex.com

М.Т. БОТБАЕВ¹, докторанты, m.botbaev@mail.ru

С.Ж. ЕГЕМБЕРДИЕВА³, PhD, аға оқытушы, saltanat_2207@mail.ru

¹М.ӘУЕЗОВ АТЫНДАҒЫ ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН УНИВЕРСИТЕТИ
Қазақстан Республикасы, 160012, Шымкент қаласы, Тауке хан даңғылы, 5

²ТАШКЕНТ ҚАЛАСЫНДАҒЫ И.М.ГУБКИН АТЫНДАҒЫ РЕСЕЙ МЕМЛЕКЕТТІК МҰНАЙ
ЖӘНЕ ГАЗ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ (ФЗУ) ФИЛИАЛЫ
Өзбекстан Республикасы, 100125, Ташкент қаласы, Дурмон йули көшесі, 34-үй

³АЙМАҚТЫҚ ИННОВАЦИЯЛЫҚ УНИВЕРСИТЕТИ
Қазақстан Республикасы, 160000, Шымкент қаласы, Рыскулова көшесі 27/2

Мақалада каталитикалық крекинг процесінің өнімділігіне құрама шикізаттың әсері қарастырылады. Шикізаттың химиялық құрамы нәтижесінде алынған каталитикалық крекинг өнімдерінің шығымы мен сапасына айтарлықтай әсер етеді. Сондықтан мазут сияқты ауыр мұнай қалдықтарын дәстүрлі каталитикалық крекингтік шикізатпен араластыру арқылы шикізаттың ассортиментін айтарлықтай кеңейтуге болатын ауқымды зерттеулер жүргізудің өзекті мәселесі тұр. Бірақ шикізаттың салмағы артқан сайын құрамында күкірт, азот және органикалық оттекті қосылыстар, шайырлар, металдар және каталитикалық крекингтің өнімділігін нашарлататын басқа заттардың мөлшері артады. Осыған байланысты шикізатты дайындау каталитикалық крекинг процесін интенсификациялаудағы негізгі мәселелердің бірі болып табылады. Каталитикалық крекинг процесін күшейту үшін массасы бойынша 70% көлемінде тікелей айдалатын мазуттан және Бозашы, Ақтөбемен Құмкөл кен орындарының мұнай қоспаларынан мазутты ва-

куумды айдау арқылы алынған 30% көлеміндегі гидротазаланбаған вакуумды газойльдан тұратын шикізат қоспасын дайындадық. Зерттеулер барысында мазутқа 30%-ға дейін вакуумды газойльді енгізу кезінде катализаторда кокс түзілуін азайтуға және бензиннің шығымдылығын арттыруға көмектесетіні, сонымен қатар қоршаған ортаға зиянды шығарындылардың мөлшерін азайтатыны анықталды.

ТҮЙІН СӨЗДЕР: Каталитикалық крекинг, мазут, вакуумды газойль, бензин, реактор, катализатор, мазут, ауыр мұнай қалдықтары, сұйық қабат катализаторы, кокс.

TO STUDY THE EFFECT OF COMPOUNDED RAW MATERIALS ON THE PERFORMANCE OF CATALYTIC CRACKING IN THE FLUIDIZED BED OF THE CATALYST

K.K. KALMAKOV¹, doctoral student, kalmakovkk@mail.ru

G.Z. TUREBEKOVA¹, Candidate of Technical Sciences, Professor, g.ture@mail.ru

F.M. YUSUPOV², Doctor of Technical Sciences, Professor, f.yusupov@yandex.com

M.T. BOTBAEV¹, doctoral student, m.botbaev@mail.ru

S.Zh. EGEMBERDIEVA, PhD, Senior Lecturer, saltanat_2207@mail.ru

¹M. AUEZOV SOUTH KAZAKHSTAN UNIVERSITY

5, Tauke Khan avenue, Shymkent, 160012, Republic of Kazakhstan

²BRANCH OF THE RUSSIAN UNIVERSITY OF OIL AND GAS (NRU)

NAMED AFTER I.M. GUBKIN IN TASHKENT,

34, DurmonYuli Street, Tashkent, 100125, Republic of Uzbekistan

³REGIONAL INNOVATION UNIVERSITY

Ryskulov str. 27/2, Shymkent, 160000, Republic of Kazakhstan

The article discusses the influence of compounded raw materials on the performance of the catalytic cracking process. The chemical composition of raw materials significantly affects the yield and quality of the resulting catalytic cracking products. Therefore, there is an urgent question of conducting extensive research, which can significantly expand the range of raw materials through the use of heavy oil residues, such as fuel oil, by mixing them with traditional catalytic cracking raw materials. However, as the raw materials become heavier, the content of sulfur-containing, nitrogen-containing and organic oxygen compounds, resins, metals and other substances that worsen the performance of catalytic cracking increases. In this regard, the preparation of raw materials is one of the main issues in intensifying the catalytic cracking process. In order to intensify the catalytic cracking process, we prepared a raw material mixture consisting of direct distillation fuel oil in a volume of 70% by weight. and non-hydrotreated vacuum gas oil in a volume of 30%, obtained by vacuum distillation of fuel oil from mixtures of oils from the Buzachinskoye, Akyubinskoye and Kumkol fields. In the course of the studies, it was found that the introduction of up to 30% vacuum gas oil into the fuel oil helps to reduce coke formation on the catalyst and increase the yield of the target gasoline product, and also reduces the amount of harmful emissions into the environment.

KEY WORDS: Catalytic cracking, fuel oil, vacuum gas oil, petrol, reactor, catalyst, fuel oil, heavy oil residue, fluidized bed catalyst, coke.

Введение. Каталитический крекинг-процесс, предназначенный для превращения тяжелых фракций нефтепереработки в более легкие и более ценные продукты при высокой температуре и умеренном давлении в присутствии высокодисперсного катализатора с матрицей из кремнезема или оксида алюминия. В процессе каталитического крекинга крупных молекул углеводородов в более мелкие молекулы на катализаторе образуются отложения - нелетучее углеродсодержащее вещество, обычно называемые "коксом" [1]. Кокс, отлагающийся на катализаторе, снижает активность катализатора в процессе каталитического крекинга, тем самым блокируя доступ к его активным центрам. Для восстановления изначальной активности катализатора производят выжиг кокса на катализаторе посредством воздуха в регенераторе.

Одним из существенных преимуществ процесса каталитического крекинга является способность катализатора свободно перемещаться между реактором и регенератором при флюидизации соответствующей паровой фазой. На установках каталитического крекинга паровая фаза в контуре реактора представлена углеводородами в парообразном состоянии и водяным паром, а в контуре регенератора среда флюидизации представлена воздухом и дымовыми газами. Таким образом, флюидизацией осуществляется взаимодействие горячего регенерированного катализатора и свежего сырья: горячий катализатор превращает жидкое сырье в парообразное состояние, и далее крекируемое парообразное сырье образует более легкие углеводородные продукты. После отделения газообразных углеводородов от отработанного катализатора, полученные углеводородные пары охлаждаясь, разделяются фракционированием на требуемые продуктовые погоны [2].

Материалы и методы исследования. В качестве сырья для установок каталитического крекинга используются тяжелые фракции с различных технологических установок нефтеперерабатывающего завода. Как правило, сырье поступает после первичной переработки, либо после вакуумной перегонки и представляет собой фракцию с температурой выкипания от 350 до 550°C. В случае производственной необходимости предусматривается возможность использования дополнительного блока подготовки сырья, например, установка гидроочистки или деасфальтизации. К продуктам, получаемым на установке каталитического крекинга, относятся газы, бензин, легкий каталитический газойль (ЛКГ) и тяжелый газойль. Помимо этого, при выжиге кокса в регенераторе образуются дымовые газы. Кроме того, на установках каталитического крекинга обычно перерабатывают тяжелые фракции с других установок вторичной переработки, которые являются составной частью комбинированной сырьевой смеси каталитического крекинга [3,4]. К таким типам сырья относятся газойли установок коксования, кубовый продукт колонны фракционирования установки гидрокрекинга, термического крекинга и висбрекинга, а также тяжелый жидкий остаток установки окисления битума, называемой черной соляр. Использование вакуумного газойля как одного из компонента сырья при каталитическом крекинге позволяет повысить глубину и эффективность переработки нефти и особенно тяжелых нефтей.

В последние годы остро стоит вопрос повышения глубины переработки нефти, например, путем использования тяжелых остатков типа мазута в качестве сырья каталитического крекинга. Этот вопрос актуален еще и потому, что в настоящее время

недостаток сырья процесса каталитического крекинга остро ощущается и на блоках крекинга, современных промышленных установках Г-43-107 Павлодарского НПЗ и каталитического крекинга установки RFCC Шымкентского НПЗ.

Поэтому особенно актуально проведение обширных исследований, которые позволят расширить ресурсы и ассортимент используемого сырья, за счет использования тяжелых остатков нефтей, типа мазута, путем смешения их с обычным сырьем каталитического крекинга. Однако с утяжелением сырья в них увеличивается содержание серосодержащих, азотсодержащих и кислородоорганических соединений, смол, металлов и других веществ, ухудшающих показатели каталитического крекинга. В этой связи подготовка сырья является одним из основных вопросов интенсификации процесса каталитического крекинга и повышения качества продукции [5].

Установка каталитического крекинга (RFCC) тяжелых нефтяных остатков на Шымкентском нефтеперерабатывающем заводе является одним из самых современных установок в данном направлении. Сырьем установки является мазут, получаемый после первичной переработки нефти из комплекса ЛК-бу. Чтобы облегчить сырье установки были проведены научные эксперименты с целью определения оптимального соотношения смеси вакуумного газойля и мазута первичной перегонки нефти для того, чтобы как сказано выше, повысить ассортимент используемого сырья и в то же время снизить отрицательное влияние на процесс и качество продуктов серо-, азот-, кислородорганических соединений, смол и металлов, содержащихся в мазуте [6]. Таким образом, экспериментальным методом было определено оптимальное соотношение смеси сырья, которая состоит из мазута прямой перегонки в объеме 70% и негидроочищенного вакуумного газойля в объеме 30%, полученной путем вакуумной перегонки мазута из смесей нефтей Бузачинского, Акюбинского и Кумкольских месторождений. На *таблице 1* показано, при переработки каких нефтей был получен мазут в процентном соотношении.

Таблица 1 – Смесь нефтей из разных месторождений

| Смесь | Соотношение, % |
|--|----------------|
| Кумкольская нефть | 55,7 |
| Смесь Западно-Казахстанских нефтей, в том числе: | |
| Акюбинская нефть | 40,1 |
| Бузачинская смесь | 4,2 |
| Итого: | 100 |

Как видно из *таблицы 1*, большее количество до 55,7 % используемой нефти поступает с Кумкольского месторождения. Так как большая часть смеси мазута состоит из Кумкольской нефти, и этот состав сильно влияет на технологические свойства сырья, то нами сначала проведены исследования по определению различных свойств отдельно этого мазута [7]. Ниже, в *таблице 2*, приводятся данные физико-химических свойств мазута, полученного из Кумкольского сырья, выкипающей при температуре от $>350^{\circ}\text{C}$.

Как видно по данным *таблицы 2*, мазут Кумкольской нефти состоит в основном из парафино-нафтеновых углеводородов до 74 %, но положительное отличие в том, что в составе сырья значительно меньше сернистых соединений - около 0,87 %.

Таблица 2 – Физико-химические свойства мазута

| № | Кумкольская нефть | Плотность, кг/м ³ при 20 °С | Коксуемость, % масс. | Содержание серы, % масс. | | |
|---------------------------|----------------------------------|--|----------------------|--------------------------|---------|-------|
| 1 | Мазут фр.>350 °С | 0,968 | 2,24 | 0,87 | | |
| Групповой состав, % масс. | | | | | | |
| | Парафино-нафтеновые углеводороды | Ароматические | в том числе: | | | Смолы |
| | | | легкие | средние | тяжелые | |
| 2 | 74,0 | 23,5 | 5,0 | 4,7 | 6,3 | 10,0 |
| Фракционный состав, °С | | | | | | |
| | н.к. | 10% | 50% | 90% | к.к. | |
| 2 | 340 | 400 | 448 | 490 | - | |

После также были исследованы физико-химические свойства и химический состав используемого мазута, полученного из смеси нефтей (таблица 1) и вакуумного газойля, результаты исследований приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Физико-химические свойства и содержание металлов в составе вакуумного газойля и мазута

| Показатели | | Вакуумный газойль | Мазут |
|-------------------------------------|--|-------------------|-------|
| Плотность, кг/м ³ (20°С) | | 0,886 | 0,907 |
| Содержание Fe, ppm масс. | | 3,2 | 12,8 |
| Содержание Mn, ppm масс. | | 0,18 | 0,40 |
| Содержание As, ppm масс. | | 0,31 | 0,77 |
| Содержание Zn, ppm масс. | | 0,1 | 0,07 |
| Содержание V, ppm масс. | | 0,34 | 24,68 |
| Содержание Cu, ppm масс. | | 0,15 | 0,18 |
| Содержание Ni, ppm масс. | | 0,14 | 20,75 |
| Содержание S, ppm масс. | | | 6647 |
| Содержание S, % масс. | | 0,44 | |
| Фракционный состав | Температура начала кипения с учетом поправок, °С | 331 | 278 |
| | Температура отгона 5%, °С | 349 | 348 |
| | Температура отгона 10%, °С | 362 | 375 |
| | Температура отгона 50%, °С | 438 | 470 |
| | Температура конца кипения, 90%, °С | 529 | 500 |
| | Выход, % масс. | 98 | 61 |

В *таблице 3* показано, что количество тяжелых металлов в составе смеси вакуумного газойля и прямогонного мазута, полученного из смеси нефтей (*таблица 1*) ниже, чем в составе прямогонного мазута (*таблица 2*). Содержание металлов составляет в мазуте (ppm масс.): железа 12,8, ванадия 24,68, никеля 20,75, марганец 0,40, сурьма 0,77, медь 0,18. Выше указанные металлоорганические соединения при регенерации изменяются в пределах 0,4-1,0, а иногда повышаются до 2,0 ppm масс. Эти металлы, как в лабораторных опытах по каталитическому крекингу, так и в условиях промышленных установок, откладываясь на поверхности катализаторов, вызывают так называемое отравление катализатора, что снижает скорость и эффективность процесса каталитического крекинга [8].

Нами были проведены расширенные лабораторные испытания, а также физико-химические анализы подобранного смесового сырья в оптимальном соотношении мазут: вакуумный газойль - 70:30 соответственно и в *таблице 4* приведены результаты физико-химического анализа свойств подобранного оптимального смесового сырья, а также данные по содержанию в них металлов.

Таблица 4 – Содержание металлов и физико-химические свойства смесового сырья

| Показатели | | Смесового сырья Мазут - вакуумный газойль, 7:3 |
|-------------------------------------|--|---|
| Плотность, кг/м ³ (20°С) | | 0,902 |
| Содержание Fe, ppm масс. | | 10,09 |
| Содержание Mn, ppm масс. | | 0,36 |
| Содержание As, ppm масс. | | 0,56 |
| Содержание Zn, ppm масс. | | 0,08 |
| Содержание V, ppm масс. | | 15,10 |
| Содержание Cu, ppm масс. | | 0,18 |
| Содержание Ni, ppm масс. | | 12,63 |
| Содержание S, ppm масс. | | 2955 |
| Фракционный состав | Температура начала кипения с учетом поправок, °С | 282 |
| | Температура отгона 5%, °С | 345 |
| | Температура отгона 10%, °С | 368 |
| | Температура отгона 50%, °С | 455 |
| | Температура конца кипения, °С | 500 |
| | Выход, % масс. | 67 |

Результаты и обсуждение. Результаты испытаний смесового сырья – «мазут: вакуумный газойль» в различных соотношениях доказали, что проведение каталитического крекинга при соотношения 70:30 является наиболее оптимальным, так как при этом соотношении увеличивается выход и качество целевого продукта бензина, а также значительно уменьшается коксоотложение на катализаторе установки каталитического крекинга тяжелых остатков [9,10].

Сравнивая результаты исследований, показанных *таблицах 3 и 4*, можно сделать вывод о том, что в подготовленном смесевом сырье содержание тяжелых металлов и содержание серы намного ниже, чем в сырье, состоящем только из мазута, которое обычно используется в ШНПЗ в данное время. В результате процесса каталитического крекинга получаются следующие сопутствующие продукты: газ пропан-пропиленовый (ППФ), бутан-бутиленовый (ББФ) сжиженный углеводородный газ. А конечным целевыми продуктами являются бензин, легкий каталитический газойль, тяжелый газойль. Количество выхода этих продуктов и сравнительный анализ каталитического крекинга различного сырья: мазут 100% и смесевое сырье (мазут 70% + вакуумный газойль 30%) показаны в *таблице 5*.

Таблица 5 – Выход продуктов процесса каталитического крекинга

| Сырье крекинга Показатели | Исходное сырье мазут | Оптимально сырье - смесь: мазут 70% + вакуумный газойль 30% масс. |
|---|----------------------|---|
| Выход продуктов крекинга, % на исходное | 100% | 70%+30% |
| Газ | 15,76 | 17,46 |
| Бензин | 43,75 | 49,69 |
| Легкий газойль | 22,03 | 17,59 |
| Тяжелый газойль | 12,04 | 8,51 |
| Кокс+потери | 6,42 | 6,75 |

Данные по количеству выхода продуктов при каталитическом крекинге, согласно *таблицы 5* показывают, что при крекинге оптимальной смеси сырья «мазут 70% + вакуумный газойль 30%» выход бензина и газа значительно выше: 49,69% и 17,46% соответственно против крекинга только мазута, где выход бензина 43,75% и газа – 15,76%.

Выводы и заключение. Показана возможность переработки на установке каталитического крекинга оптимальной смеси: мазута и вакуумного газойля в соотношении 70: 30, полученных из нефтей Бузачинского, Акюбинского и Кумкольских месторождений.

В ходе исследований установлено, что введение в состав мазута оптимального объема до 30% вакуумного газойля способствует к снижению коксообразования на катализаторе и увеличению выхода целевого продукта бензина до 6%.

Вовлечение 30% вакуумного газойля в состав мазута в процессе каталитического крекинга является эффективным способом использования негидроочищенного вакуумного газойля в качестве компонента сырья, который способствует к предотвращению количества вредных выбросов в окружающую среду.

В ходе промышленного испытаний было показано, что количество металлов (никель, ванадий, медь и т.д.) в оптимальном смесевом сырье меньше чем в составе используемого сырья, состоящего из 100% мазута. Это положительно влияет на активность, селективность и срок службы катализатора, что приводит, в конечном счете, к повышению эффективности процесса каталитического крекинга и увеличению выхода готового продукта. 🌐

ЛИТЕРАТУРА

- 1 К.К. Kalmakov, G.Z. Turebekova, F.M. Yusupov, B.M. Smailov, M.T. Botbaev, Rasayan J. Chem., 17(3), 861-867(2024) <http://doi.org/10.31788/RJC.2024.1738893>
- 2 К.К. Калмаков, Г.З. Туребекова, Ф.М. Юсупов, К.Ж. Ажибеков, Р.А. Козыкеева, К.С. Надиров. Влияния глубины гидрообессеривания сырья на выходы продуктов каталитического крекинга // Журнал «Нефть и Газ». 4 (142) 2024г. С. 140-152.[К.К. Kalmakov, G.Z. Turebekova, Yusupov, K.Zh.Azhibekov, R.A.Kozykeeva, K.S. Nadirov. Vi iyaniyegidroobesserivaniyanavykhodyproduktovkataliticheskogokrekinga// Jurnal «Neft i Gaz». 4 (142) 2024г. С. 140-152.].
- 3 Технологический регламент установки каталитического крекинга тяжелых остатков RFCC ТОО «ПКОП», ТР-453-07-18. – 403с. [Tehnologicheskiy reglament ustanovki kataliticheskogokrekingatrazelyhostatkov RFCC ТОО «ПКОР» ТР-453-07-18, 403 s.].
- 4 К.К. Калмаков, Г.З. Туребекова, А.Ж. Айменов, К.С. Надиров. Эффективность функционирования катализатора установки каталитического крекинга // Журнал «Нефть и Газ». №4 (136) 2023г. С. 102-112.[К.К. Kalmakov, G.Z. Turebekova, A.J. Aimenov, K.S. Nadirov. Effektivnost funktsionirovaniya katalizatora ustanovki kataliticheskogokrekinga // Jurnal «Neft i Gaz». №4 (136) 2023g. S. 102-112.].
- 5 Пусурманова Г.Ж., Танашев С.Т. Рациональные способы переработки тяжелых нефтей и нефтяных остатков. Учебное пособие. Алматы, Эверо, 2016-232с. [Pusurmanova G.J., Tanashev S.T. Ratsionalnye sposoby pererabotki tyazelyh neftei i neftyanyh ostatkov. Uchebnoe posobie. Almaty, Evero, 2016-232с.].
- 6 Капустин В.М., Гуреев А.А., Технология переработки нефти. В 4-х частях. Часть вторая. Физико-химические процессы. – М.: Химия, 2015.—400 с.[Kapustin V.M., Gureev A.A., Tehnologiya pererabotki nefti. V 4-hchastyah. Chast' vtoraya. Fiziko-himicheskie protsessy. – М.: Himiya, 2015.—400 s.]
- 7 Танашев С.Т., Омаралиев Т.О., Идирисов М.Д. и др. Каталитический крекинг вакуумных газойлей Казахстанских нефтей в присутствии активирующих добавок. Наука и образование Южного Казахстана. №20. -Тараз-Шымкент, 2000. -130с.[Tanashev S.T., Omaraliyev T.O., Idirisov M.D. i dr. KataliticheskiykrekingvakuumnykhgazoyleyKazakhstanskikhneftey v razrabotkeaktiviruyushchikhtekhnologiy. Nauka i obrazovaniyeYuzhnogo Kazakhstana. №20. -Taraz-Shymkent, 2000. -130s.].
- 8 Капустин В.М., Гуреев. Технология переработки нефти. Часть вторая. Деструктивные процессы. М. Колос, 2007. -334с.[Kapustin V.M., Gureyev. Tekhnologiyapererabotkinefti. Chast' vtoraya. Destruktivnyye protsessy. M. Kolos, 2007. -334s.].
- 9 Ахметов С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа: Учебное пособие для ВУЗов. – Уфа: Изд. «Гилем», 2010.– 670с.[].
- 10 Крекинг нефтяных фракций на цеолитсодержащих катализаторах. Под.ред. С. Н. Хаджиева. - М., Химия, 1982.[Akhmetov S.A. Tekhnologiyaglubokoydobychinefti i gaza: UchebnoyeposobiyedlyaVUZov. – Ufa: Izd. «Gilem», 2010.– 670s.].