

Новый комплекс изомеризации на Омском НПЗ

Александр Дюков
Анатолий Чернер
Александр Санников
Александр Мелинг
Александр Глазов
Александр Шакун
Марина Федорова

Пуск в ноябре 2010 года одной из крупнейших в мире установок изомеризации на Омском НПЗ обозначил появление в мировой нефтепереработке альтернативы технологии изомеризации на хлорированных катализаторах. Впервые в крупных промышленных масштабах показано, что на оксидном катализаторе СИ-2 может достигаться такая же глубина изомеризации, как и на хлорированных катализаторах. При этом на комплексе изомеризации «Изомалк-2» вырабатывается изокомпонент с максимально возможным для установок изомеризации октановым числом (92 пункта).

Ключевые слова: изомеризация, катализатор, автобензины.

Действующие российские стандарты, а еще в большей степени рыночные отношения уже не один год стимулируют российского производителя переходить на выпуск высококачественных автомобильных бензинов, снижающих вредные выбросы. С введением нового технологического регламента в 2012 году производство автобензинов ниже стандарта Евро-3 будет просто невозможно, а в самые ближайшие годы планка будет повышена до Евро-4 и Евро-5.

Как известно, основными требованиями европейских и современных мировых стандартов являются снижение в товарных автобензинах содержания серы, бензола, ароматических и олефиновых углеводородов. При этом содержание кислородосодержащих соединений ограничивается 2% кислорода, а доля легких углеводородов, выкипающих до 70° и 100°С определяется величиной не менее 20 и 46% соответственно.

Совокупность перечисленных ограничений свидетельствует о том, что изомеризат является идеальным компонентом автобензина. Действительно, в изомеризате полностью отсутствуют сера, бензол, ароматические и олефиновые

углеводороды, он имеет пределы выкипания до 80-90°С, а октановое число может достигать 92 пунктов. Если к этому добавить, что в прямогонных и вторичных легких бензиновых фракциях все эти компоненты содержатся в значительных количествах, то включение установки изомеризации в схему переработки бензинов для каждого современного НПЗ является закономерной.

Не очевидным является выбор технологии и технологической схемы процесса изомеризации, условий проектирования, комплектации и строительства установки.

Поэтому осуществленный с большим успехом в ноябре 2010 года пуск одной из крупнейших в мире установок изомеризации по новой технологии имеет большое значение не только для российской, но и для мировой нефтепереработки. Анализ этого опыта позволит многим нефтепереработчикам принять оптимальные решения в перспективных планах развития своих заводов.

Выбор технологии изомеризации

Несмотря на полувековой промышленный опыт применения в

THE NEW ISOMERISATION COMPLEX AT THE OMSK OIL REFINERY

The commissioning in November 2010 of one of the world's biggest isomerisation plants at the Omsk Oil Refinery brought global oil refining an alternative to chlorinated catalyst isomerisation. For the first time on a major industrial scale, at an isohexane and n-pentane recycle unit, it was demonstrated that the same isomerisation yield can be attained with an SI-2 oxide catalyst can achieve as with chlorinated catalysts. The Izomalk-2 complex produces an octane component with the highest possible octane number (92) for an isomerisation plant.

Key words: isomerisation, catalyst, gasoline. Alexander Dyukov, Anatoly Cherner, Alexander Sannikov, Alexander Meling, Alexander Glazov, Alexander Shakun, Marina Fedorova

Александр Дюков – председатель Правления, генеральный директор ОАО «Газпром нефть».

Анатолий Чернер – заместитель председателя Правления, заместитель генерального директора по логистике, переработке и сбыту ОАО «Газпром нефть».

Александр Санников – к.т.н., директор дирекции нефтепереработки ОАО «Газпром нефть».

Александр Мелинг – генеральный директор ОАО «Газпром нефть-Омский НПЗ».

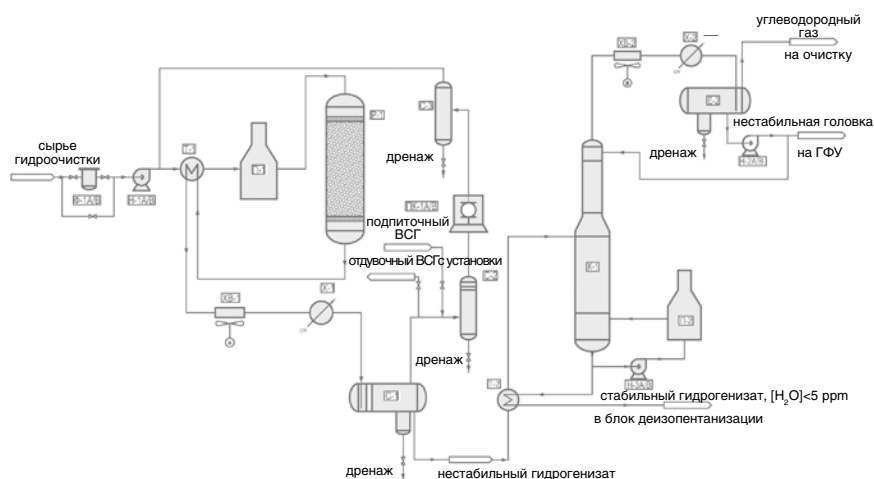
Александр Глазов – технический директор ОАО «Газпром нефть-Омский НПЗ».

Александр Шакун – к.х.н., с.н.с., генеральный директор ОАО «НПП Нефтехим», г. Краснодар.

Марина Федорова – технический директор ОАО «НПП Нефтехим».

Рисунок 1

Технологическая схема блоков предгидроочистки и отпарной колонны комплекса «Изомалк-2»



мировой нефтепереработке процесса изомеризации, выбор конкретной технологии до настоящего времени остается дискуссионным.

Вплоть до начала XXI столетия для изомеризации пентан-гексановых фракций выбор осуществлялся между двумя типами технологий, базирующихся на использовании высокохлорированных алюмооксидных катализаторов или цеолитных катализаторов. Каждый из этих типов технологий обладает своими преимуществами и недостатками. Преломление их особенностей к конкретным задачам завода позволяло осуществлять необходимый выбор. Но ужесточение требований к качеству автобензинов во всем мире, прежде

всего по содержанию бензола и ароматических углеводородов, в последнее десятилетие привело к резкому снижению привлекательности технологии на основе цеолитных катализаторов, которые способны осуществлять процесс изомеризации только при достаточно высоких температурах (250-280°C), термодинамически неблагоприятных для образования высоковетвленных изомеров.

Одновременно с этим все большее практическое значение стали приобретать такие показатели процесса, как наличие или отсутствие коррозионных реагентов и отходов, регенируемость, срок службы катализатора и его устойчивость к каталитическим ядам.

Таблица 1

Характеристика изопентановой фракции, получаемой на комплексе «Изомалк-2»

Наименование	Изопентановая фракция по проекту	Фактическая изопентановая фракция комплекса
Состав, % масс.		
изобутаны	фактические	0,07-0,33
н-бутан	фактические	0,28-0,51
изопентан	не менее 95	95,6-98,5
н-пентан	фактические	0,8-2,1
гексаны	отсутствуют	отсутствуют
Октановое число, пункты		
- исследовательский метод	не менее 91	92,0 – 93,5
- моторный метод	не менее 90	91,5 – 92,8

Поэтому разработка и появление на мировом рынке альтернативной технологии изомеризации на базе сульфатированных оксидных катализаторов стало исключительно своевременным и позволяет нефтепереработчикам делать выбор с учетом экономических и экологических требований своего предприятия [1-3].

Омский нефтеперерабатывающий завод сделал выбор в пользу технологии «Изомалк-2» – российской технологии изомеризации, основанной на применении сульфатированного оксидного катализатора СИ-2 [4]. Технология и катализатор, запатентованные в РФ [5-7] и других странах [8-12], разработаны ОАО «НПП Нефтехим» (г. Краснодар) – научной и инжиниринговой организацией, многие годы специализирующейся в области разработок, ориентированных на производство высококачественных автобензинов.

Конечно, выбор Омского НПЗ основан на успешном применении катализатора СИ-2 и соответствующей технологии изомеризации начиная еще с 2003 года. Технология используется на установках изомеризации трех нефтеперерабатывающих заводов Уфы, в ЗАО «РНПК», ООО «ПО «Киришинефтеоргсинтез», ЧАО «ЛИНИК» (Украина) и АО «Петротел-ЛУКОЙЛ» (Румыния) [2,3,13]. Но все эти установки эксплуатируются с использованием старых мощностей, в основном установок риформинга, имеющих определенные ограничения.

При выборе технологии для Омского НПЗ были поставлены самые высокие требования к показателям установки изомеризации:

- октановое число всего суммарного изокомпонента не менее 91 пункта;
- выход товарного изокомпонента не менее 97% масс.;

- ❑ межрегенерационный период работы катализатора не менее 5 лет;
- ❑ общий срок службы катализатора не менее 10 лет;
- ❑ минимизация количества рецикла n-пентана и неразветвленных гексанов;
- ❑ отсутствие твердых, жидких и газообразных отходов.

Проектирование

Проектирование нового комплекса изомеризации по технологии российского Лицензиара, включая все блоки гидроочистки, изомеризации, фракционирования для выделения товарного изокомпонента и низкооктанового рецикла, стало первым опытом для российских проектировщиков и строителей.

Базовое проектирование — расширенные исходные данные для рабочего проектирования были разработаны Лицензиаром технологии, Проект и детальный инжиниринг выполнялся ЗАО «Нефтехимпроект» (г. Санкт-Петербург).

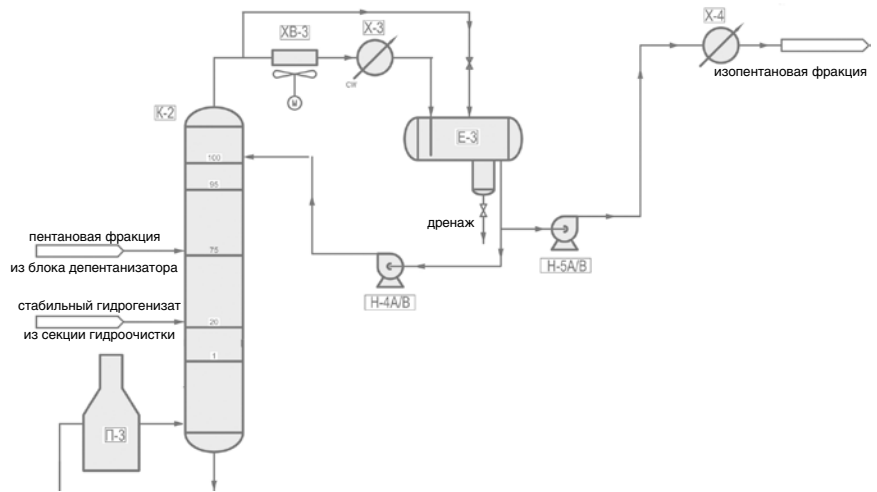
В связи с жесткими сроками ввода в действие крупнейшего комплекса мощностью по сырью 800 тыс. тонн в год (менее чем за 3 года с начала проектирования) строительство было начато уже с момента завершения стадии Проект.

Строительство

Строительство установки изомеризации легких бензиновых фракций началось на Омском НПЗ 28 января 2009 года.

Генеральные подрядчики строительства были определены по тендеру: генподрядчиком строительства установки — ОАО «ОМУС-1», генподрядчиком объектов общезаводского хозяйства и сырьевого парка, которые обеспечивают работу установки, — ООО «НПО «Мостовик». В самые напряженные месяцы строительства летом 2010 года

Рисунок 2
Схема блока деизопентанизации



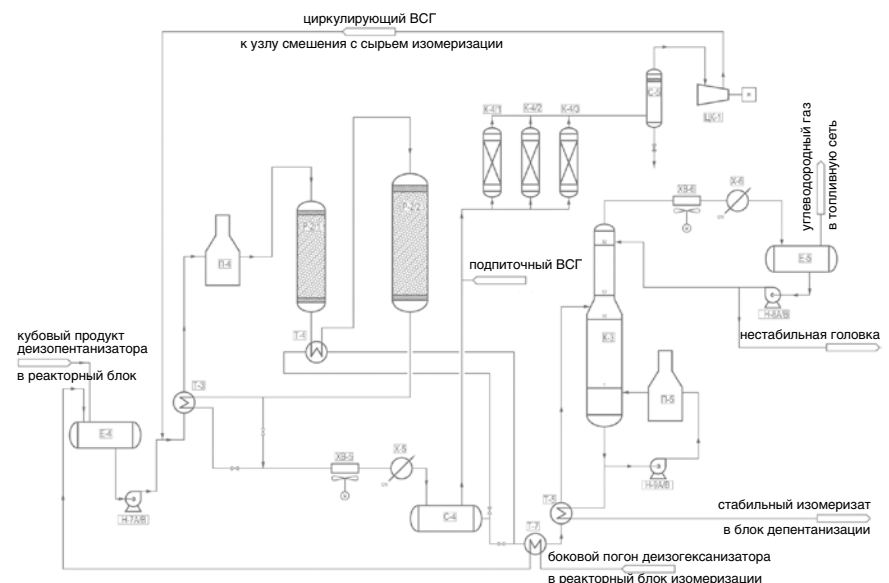
на площадке генподрядчиками и привлеченными ими подрядными организациями было задействовано до 1,8 тыс. человек.

При строительстве установки изомеризации впервые на Омском НПЗ была применена проектная схема управления строительством, ранее не применявшаяся при возведении заводских объектов. Подобная схема руководства строительством была применена в связи с жесткими сроками и особыми условиями, когда одновременно при-

шлось заниматься контролем проектирования, закупкой оборудования и самим возведением объекта.

В составе установки — более 240 единиц основного технологического оборудования. В их числе — 3 реактора, 6 технологических печей, 3 осушителя газа, 2 циркуляционных центробежных компрессора: блока изомеризации ЦК-1 и блока гидроочистки ЦК-2. На аппаратной площадке установки размещены 8 колонн, аппараты воздушного

Рисунок 3
Блоки изомеризации и стабилизации



блока предгидроочистки заключается в обеспечении требуемого качества сырья для оксидного катализатора изомеризации СИ-2: содержание серы и азота менее 1 ppm, а микропримесей влаги — менее 5 ppm.

Особенности технологической схемы комплекса «Изомалк-2»

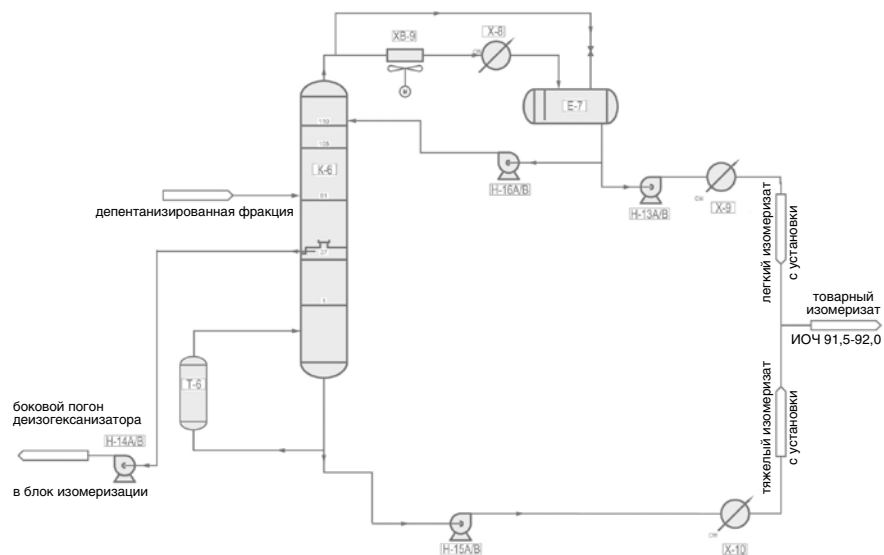
Принципиальная технологическая схема блока предгидроочистки (рис. 1) не отличается от традиционной предгидроочистки на установках риформинга, но включает специальные технические решения для обеспечения гарантированного снижения воды. Контроль этого показателя ведется поточным анализатором, показания которого за весь период после пуска комплекса не превышал заданные значения.

Блок деизопентанизации (рис. 2) служит для выделения изопентановой фракции из гидрогенизата и пентановой части изомеризата. В таблице 1 представлена характеристика изопентановой фракции по проекту и фактический состав этой фракции, являющийся одним из основных продуктов комплекса «Изомалк-2».

Принципиальная технологическая схема блока изомеризации стала уже классической для установок по технологии «Изомалк-2». Ее особенностью является включение в схему циркуляции водородосодержащего газа адсорберов-осушителей и наличие теплообменника между реакторами с катализатором СИ-2 (рис. 3). Технологические параметры блока изомеризации после ввода его в эксплуатацию полностью соответствуют проектным значениям, а глубина изомеризации пентанов и особенно гексанов превышают ожидаемые результаты (табл. 2).

Блок депентанизации изомеризата (рис. 4) одновременно выполняет две важнейшие функции: осуществление рецик-

Рисунок 5
Блок деизогексанализации



ла н-пентана, остающегося в равновесной смеси изомеризата, и обеспечение возможности выделения изогексановой фракции дистилятом колонны деизогексанализации (ДИГ) с максимально возможным октановым числом. Последнее предполагает минимизацию н-пентана в кубе колонны (<0,2% масс.) и ограничение изогексанов в дистиляте. Опыт эксплуатации комплекса «Изомалк-2» показывает, что при соблюдении технологическо-

го режима блок депентанизации выполняет свои задачи.

После реакторного блока изомеризации и, конечно, катализатора СИ-2, блок ДИГ (рис. 5) выполняет самую важную задачу на всем комплексе изомеризации. Это обусловлено тем, что дистилятом колонны ДИГ выделяется товарный изогексановый автокомпонент, октановое число которого зависит от остаточного содержания в нем низкооктановых 2- и 3-метилпентанов. Эти

Таблица 3
Характеристика товарных продуктов блока ДИГ

Наименование	Дистилят ДИГ	Кубовый продукт ДИГ
Количество, %	98	2
Углеводородный состав, % масс.:		
– циклопентан	3,7-4,2	отс.
– 2,2-диметилбутан	71-75	отс.
– 2,3-диметилбутан	8-10	отс.
– 2-метилпентан	10-12	отс.
– 3-метилпентан	1-2	отс.
– н-гексан	0,01-0,05	0,1-0,5
– метилциклопентан	отс.	5-10
– циклогексан	отс.	40-50
– бензол	отс.	отс.
– углеводороды C ₇₊	отс.	30-40
Октановое число пункты, (И.М.)	91,5-92,0	81,5-83,0

гексановые изомеры имеют октановые числа около 74 пунктов, а разница их температур кипения и выделяемых дистиллятом высокооктановых 2,2- и 2,3-диметилбутанов составляет лишь 10° и 5°С соответственно. Таким образом, установка изомеризации легких бензиновых фракций может быть эффективной только при условии одновременно и глубокой изомеризации гексанов в реакторном блоке, и четкого фракционирования в колонне ДИГ. Исключение хотя бы одного из этих условий приводит к резкому снижению показателей установок изомеризации. Примером могут служить попытки дооборудовать блоком ДИГ установки изомеризации, работающие на цеолитных катализаторах.

Каталитическая система

Низкая изомеризующая активность цеолитных катализаторов в отношении гексанов приводит к неэкономичной работе установок с рециклом низкооктановых гексанов. К такому же результату приходят в тех случаях, когда в процессе эксплуатации хлорированные катализаторы снижают свою изомеризующую активность. Для поддержания экономической эффективности установок изомеризации важно иметь стабильную каталитическую систему, устойчивую к возможным технологическим нарушениям, в частности к проскокам серы, азота и воды. Пуск и эксплуатация комплекса «Изомалк-2» на Омском НПЗ показали, что такая каталитическая система в нефтепереработке есть. Оксидный катализатор СИ-2 убедительно подтвердил свои исключительно высокие показатели по активности, селективности и стабильности.

Выходные показатели

Для комплекса «Изомалк-2» в Омске характерна высокая глубина изомеризации гексанов

и, как следствие, относительно низкое количество рецикла. При этом октановое число дистиллята составляет 91,5-92,5 пункта (И.М.). Отношение к сырью общего рецикла (низкооктановых гексанов и н-пентана) к блоку гидроочистки не превышает 70-80%, что вместе с октановыми характеристиками является основным показателем эффективности процесса.

В таблице 3 представлены типичные составы товарных продуктов блока ДИГ (дистиллят и колонны деизогексанизации).

Выводы

В заключение можно сделать следующие выводы по результатам строительства и пуска комплекса изомеризации «Изомалк-2».

① Российская нефтепереработка успешно решает задачи по переводу производства автобензинов на евростандарты. Проектирование и строительство комплекса изомеризации в Омске по российской технологии свидетельствует о растущем научном и техническом потенциале государства.

② Пуск и эксплуатация комплекса «Изомалк-2» в Омске зафиксировали появление в мировой нефтепереработке альтернативы технологии изомеризации на хлорированных катализаторах. Впервые, в крупных промышленных масштабах, на установке изомеризации с рециклом и гексанов, и н-пентана показано, что на оксидном катализаторе СИ-2 может достигаться такая же глубина изомеризации, как и на хлорированных катализаторах. На комплексе вырабатывается изокомпонент с максимально возможным для установок изомеризации октановым числом (92 пункта).

③ Нефтяные компании в России все чаще отдают предпочтение российским разработкам, если они по эффективности не уступают лучшим мировым технологиям. ●

Литература

1. Катализаторы и технологии российских разработчиков и новые задачи в свете современных требований к моторным топливам. 5-й Международный форум «Топливо-энергетический комплекс России: региональные аспекты», 4-7 апр. 2005 г. Сборник трудов/ А.Н. Шакун, М.Л. Федорова. – С-Пб. – с. 316-319.
2. Внедрение технологии изомеризации «Изомалк-2» на нефтеперерабатывающих предприятиях Башкирии: Международная научно-практическая конференция «Нефтегазопереработка-2009», 27 мая 2009 г. Материалы конференции/ А.Н. Шакун, М.Л. Федорова. – Уфа. – с. 131-132.
3. Промышленный опыт перевода установки изомеризации пентан-гексановой фракции ОАО «Линос» на катализатор СИ-2: А.Н. Шакун, А.А. Мириманян, М.Л. Федорова, Н.Н. Парсентьев, С.А. Макеев, А.А. Мкртычев// Нефтепереработка и нефтехимия. – 2006. – №3. – с. 12-16.
4. Низкотемпературная технология изомеризации «Изомалк-2» – оптимальное техническое решение при производстве экологически чистых автобензинов: 7-я Конференция по технологиям нефтепереработки России и стран СНГ, 27-28 сент. 2007 г./А.Н. Шакун. – Москва.
5. Пат. 2171713 Российская Федерация, МПК С 07 С 5/27, В 01 J 23/40. Катализатор для изомеризации легких парафиновых углеводородов C₄-C₆/ Шакун А. Н., Федорова М.Л.; заявитель и патентообладатель ОАО «НПП Нефтехим». – № 2000129216/04; заявл. 23.11.00; опубл. 10.08.01, Бюлл. № 22. – 6 с.
6. Пат. 2171827 Российская Федерация, МПК С 07 С 5/27, С 10 G 35/085. Способ изомеризации легких парафиновых углеводородов C₄-C₆/ Шакун А. Н., Федорова М.Л.; заявитель и патентообладатель ОАО «НПП Нефтехим». – № 2000129215/04; заявл. 23.11.00; опубл. 10.08.01, Бюлл. № 22. – 6 с.
7. Пат. 2321575 Российская Федерация, МПК С 07 С 5/27, В 01 J 23/40. Способ изомеризации легких бензиновых фракций/ Шакун А. Н., Федорова М.Л.; заявитель и патентообладатель ОАО «НПП Нефтехим». – № 2006128932/04; заявл. 19.06.06; опубл. 10.04.08, Бюлл. № 10 – 6 с.
8. Заявка РСТ/RU2006/000318, МПК С 07 С 5/27, В 01 J 23/40. Способ изомеризации легких бензиновых фракций/ Шакун А. Н., Федорова М.Л.; заявитель ОАО «НПП Нефтехим». – № РСТ/RU2006/000318; заявл. 19.06.06; опубл. 03.01.08, WO 2008/002171 A1; приоритет 19.06.06, № 2321575 (РФ). – 23 с.
9. Пат. 008935 Евразия, МПК С 07 С 5/27, В 01 J 23/40. Способ изомеризации легких бензиновых фракций/ Шакун А. Н., Федорова М.Л.; заявитель и патентообладатель ОАО «НПП Нефтехим». – № 200700667; заявл. 19.06.06; опубл. 29.06.07; приоритет 19.06.06, № РСТ/RU2006/000318. – 5 с.
10. Заявка 1914216 Европа, МПК С 07 С 5/27, В 01 J 23/40. Способ изомеризации легких бензиновых фракций/ Шакун А. Н., Федорова М.Л.; заявитель ОАО «НПП Нефтехим». – № 06843944.7; заявл. 19.06.06; опубл. 23.04.08, Бюлл. № 2008/17; приоритет 19.06.06, № РСТ/RU2006/000318. – 5 с.
11. Заявка 20090071874 Соединенные Штаты Америки, МПК С 10 G 35/06, С 10 G 035/06. Способ изомеризации легких бензиновых фракций/ Шакун А. Н., Федорова М.Л.; заявитель ОАО «НПП Нефтехим»; пат. поверенный Капитанова Н.Г. – № 12/159,019; заявл. 19.06.06; опубл. 19.03.09; приоритет 19.06.06, № РСТ/RU2006/000318. – 8 с.
12. Пат. 88932 Украина, МПК С 07 С 5/00, В 01 J 23/40. Способ изомеризации легких бензиновых фракций/ Шакун А. Н., Федорова М.Л.; заявитель и патентообладатель ОАО «НПП Нефтехим». – № а 2007 07582; заявл. 19.06.06; опубл. 10.12.09, Бюлл. № 23; приоритет 10.12.09, № РСТ/RU2006/000318. – 6 с.
13. Освоение низкотемпературного процесса изомеризации легких бензиновых фракций «Изомалк-2»: А.В. Костенко, М.М. Гоев, Е.В. Феркель, А.И. Соловьев, А.Н. Шакун, М.Л. Федорова// Нефтепереработка и нефтехимия. – 2006. – №2. – с. 58-59.