

## ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ПРОЦЕССА ИЗОМЕРИЗАЦИИ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

Ясакова Е.А., Ситдикова А.В.

ОАО «Салаватнефтеоргсинтез», г. Салават  
*katrina85ma@yandex.ru*

Ахметов А.Ф.

Уфимский государственный нефтяной технический университет  
*tng@rusoil.net*

*В статье рассмотрены проблемы российских НПЗ в условиях ужесточения требований к качеству современных автомобильных бензинов. Представлен обзор существующих технологий процесса изомеризации и их основные показатели. Приведены данные о существующем состоянии процесса изомеризации, а также тенденции развития данного процесса в России и за рубежом.*

Ключевые слова: *процесс изомеризации, высококачественный бензин, катализатор изомеризации, технологии процесса изомеризации, снижение бензола в бензинах*

### **1. Ужесточение требований к современным бензинам.**

В мировом производстве автомобильных бензинов наблюдается постоянная тенденция к ужесточению не только их эксплуатационных, но и экологических характеристик. При этом международные и отечественные нормативы на автобензины существенно ограничивают содержание бензола, ароматических углеводородов, олефиновых углеводородов и серы.

В феврале 2008 г. в России утвержден специальный технический регламент «О требованиях к бензинам, дизельному топливу и отдельным горюче-смазочным материалам», в котором устанавливаются сроки производства автомобильных бензинов экологических классов Евро-2, 3, 4, 5. В частности, с 1 января 2012 года необходимо перейти на выпуск автомобильного бензина класса Евро-4 с содержанием ароматических углеводородов до 35 %, в том числе бензола до 1 % [1,2]. В настоящее время в США уже введены ограничения на содержание бензола до 0,96 % об., а с 1 января 2011 г. вступают в силу нормативные требования Mobile Source Air Toxics (MSAT II), которые ограничивают содержание бензола в бензине до 0,62 % об. [3].

Еще в 1970 годах были предложены варианты гидрирования бензола, содержащегося в риформате, протекающего без снижения октанового числа продукта [4], однако для снижения суммарного содержания ароматических углеводородов требуется разбавление риформата (являющегося базовым компонентом высокооктановых бензинов в России) высокооктановыми неароматическими компонентами. Это положение усложняет отказ от использования тетраэтилсвинца (ТЭС) и дефицит бутан-бутиленовой фракции (из-за недостатка мощностей каталитического крекинга), которая в мировой практике используется для производства высокооктанового алкилата.

В связи с этим, развитие процесса изомеризации – один из эффективных способов решения данной проблемы, позволяющий получать товарный бензин, соответствующий действующим и перспективным требованиям к топливам и обеспечивающий необходимую гибкость производства.

## **2. Виды изомеризации**

В настоящее время разработано три типа промышленных процессов изомеризации [5, 6]:

- высокотемпературная изомеризация (360-440 °С) на алюмоплатиновых фторированных катализаторах;
- среднетемпературная изомеризация (250-300 °С) на цеолитных катализаторах;
- низкотемпературная изомеризация на оксиде алюминия, промотированном хлором (120-180 °С) и на сульфатированных оксидах металлов (180-210 °С).

## **3. Термодинамические и кинетические закономерности процесса изомеризации**

Схемы предлагаемых процессов, в основном, аналогичны. Различия определяются эксплуатационными характеристиками используемых катализаторов в зависимости от их типа. От температуры ведения процесса изомеризации зависит основной показатель – октановое число получаемого изомеризата.

Поэтому остановимся на термодинамике реакции изомеризации. Прежде всего, реакции изомеризации углеводородов – равновесные, и с понижением тем-

пературы процесса равновесный выход изопарафинов повышается, но приблизиться к его значениям можно только при бесконечном времени пребывания сырья в зоне реакции или при очень низкой объемной скорости подачи сырья. С другой стороны, увеличение температуры всегда соответствует увеличению скорости реакции. Следовательно, при низкой температуре процесса действительный выход изокомпонентов будет намного ниже равновесного из-за низкой реакционной скорости. И, наоборот, при высоких температурах к равновесному выходу легче приблизиться из-за высокой скорости реакции. Таким образом, при высоких температурах выход изопарафинов ограничивается термодинамическим равновесием, а при низких температурах – низкой скоростью реакции (кинетическое ограничение) (рис. 1) [7].



Рисунок 1. Зависимость конверсии н-парафинов от температуры реакции

Далее представлено сравнение различных типов катализаторов изомеризации по содержанию изопентанов в сумме пентанов от температуры (рис. 2) [5].

Степень конверсии н-парафинов на цеолитных катализаторах низкая, т.к. лимитируется термодинамическим равновесием. В случае катализаторов на хлорированной окиси алюминия и на сульфатированных оксидах металла конверсия н-парафинов выше за счет высокого равновесного содержания изокомпонентов в продукте.

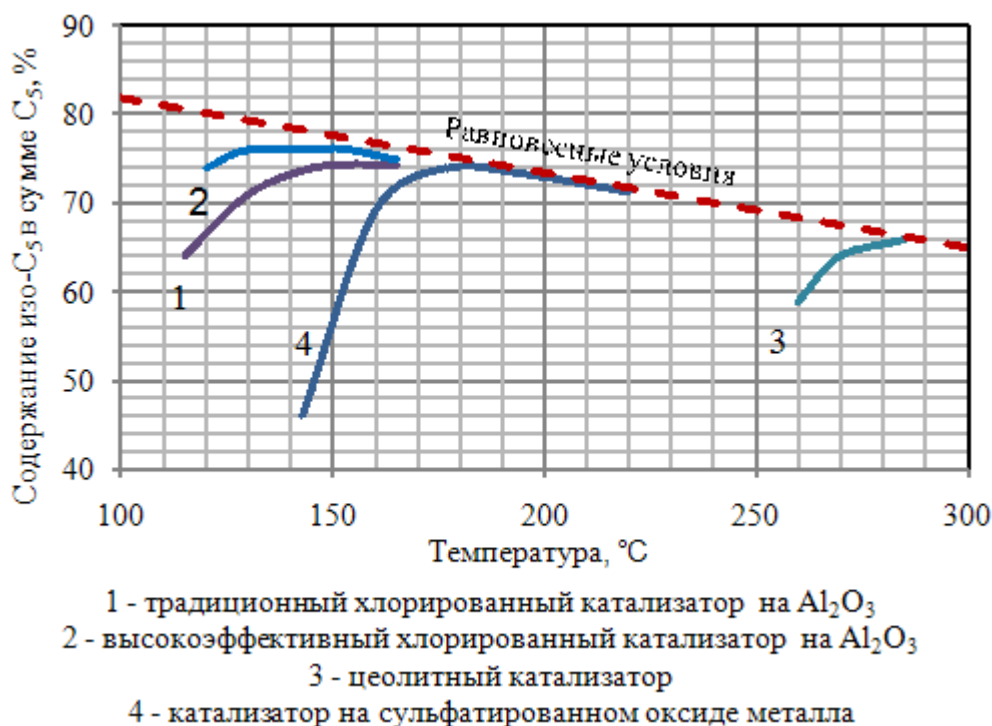


Рисунок 2. Сравнительная характеристика катализаторов изомеризации

#### 4. Технологии процесса изомеризации на различных катализаторах.

**Цеолитные катализаторы** наименее активны и используются при более высоких температурах по сравнению с катализаторами других типов, и как следствие – низкие октановые числа изомеризата. Однако они обладают высокой устойчивостью к отравляющим примесям в сырье и способностью к полной регенерации в реакторе установки. В технологической схеме данного процесса предусматриваются огневые подогреватели для нагрева газо-сырьевой смеси до температуры реакции. Требуется высокое отношение водорода к углеводородному сырью (наряду с изомеризацией водород тратится на гидроочистку и деароматизацию сырья), поэтому необходим компрессор для подачи циркулирующего ВСГ и сепаратор для отделения ВСГ (рис. 3).

Основными лицензиарами процессов изомеризации на цеолитных катализаторах за рубежом являются UOP (HS-10), Axens (IP-632), Süd Chemie (Hysopar). В России – ОАО «НПП Нефтехим» (СИ-1, технология Изомалк-1), ООО Научно-производственная фирма «Олкат» (СИП-2А), ОАО «ВНИИНефтехим» (ИПМ-02) [5-9].

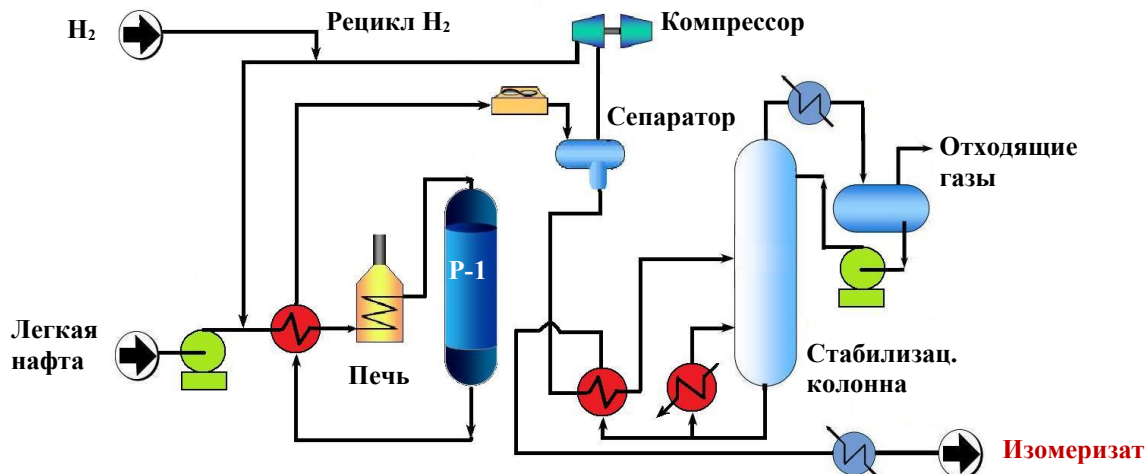


Рисунок 3. Схема процесса изомеризации на цеолитных катализаторах [5]

Среди цеолитных катализаторов следует выделить катализатор Hysopag, который значительно превосходит все другие катализаторы по устойчивости к действию ядов в сырье (допустимое содержание серы составляет 100 ppm на постоянной основе и 200 ppm – в короткие промежутки времени) и является наиболее прогрессивным на мировом рынке цеолитных катализаторов [5, 10].

**Катализаторы на основе хлорированной окиси алюминия** наиболее активны и обеспечивают самый высокий выход и октановое число изомеризата. Следует отметить, что в ходе изомеризации катализаторы теряют хлор, в результате активность снижается. Поэтому предусматривается введение в сырье хлорсодержащих соединений (обычно CCl<sub>4</sub>) для поддержания высокой активности катализатора, и как следствие необходима щелочная промывка от органического хлорида в специальных скрубберах. Существенным недостатком является то, что данный тип катализатора очень чувствителен к каталитическим ядам (к кислородсодержащим соединениям, включая воду, к азоту) и требует обязательной предварительной гидроочистки и осушки сырья. Кроме того, возникают проблемы при регенерации (рис. 4) [5].

Основными лицензиарами этого процесса за рубежом являются UOP и Axens. Катализатор первого поколения у UOP, I-8, впоследствии был усовершенствован в более активный катализатор марки I-80. Последними разработками компании UOP являются высокоэффективные катализаторы I-8 Plus, I-82, I-84 для процесса Penex и катализаторы I-122, I-124, используемые в процессе Butamer

(процесс изомеризации н-бутана с целью получения сырья алкилирования – изо-бутана). При разработке новых катализаторов UOP ставит цель уменьшить содержание в них платины, не теряя активности, тем самым, значительно снизить эксплуатационные расходы, что является немаловажным для современной нефтепереработки [11, 12].

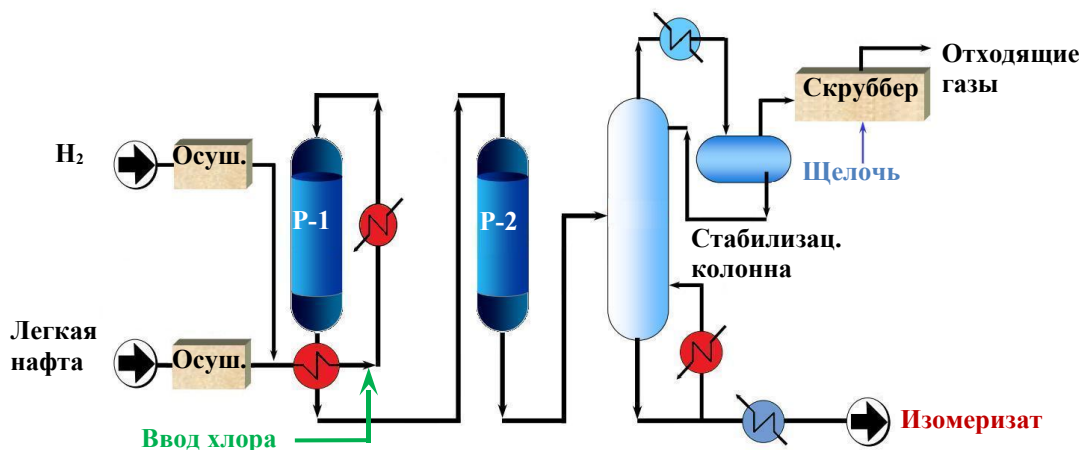


Рисунок 4. Схема процесса изомеризации на хлорированных катализаторах [5]

Катализатор IS-614A - это одна из первых разработок фирмы Axens, впоследствии на его базе был создан более совершенный катализатор – ATIS-2L – продукт совместной работы с фирмой Akzo Nobel. ATIS-2L отличается более высокой активностью (октановое число изомеризата выше на один пункт), более низкой насыпной плотностью (загрузка катализатора снижается на 22 %), меньшим на 10 % содержанием платины. Следовательно, его применение является экономически наиболее привлекательным решением. Первая промышленная загрузка была в 2003 г. [9, 13].

В России лицензиарами этого процесса являются ООО Научно-производственная фирма «Олкат» (НИП-3А), ОАО «ВНИИНефтехим» (ИП-05) [5].

**Катализаторы, содержащие сульфатированные оксиды металлов,** в последние годы получили повышенный интерес, так как они сочетают в себе основные достоинства среднетемпературных и низкотемпературных катализаторов: активны и устойчивы к действию каталитических ядов, способны к регенерации.

Единственным недостатком, так же как и для цеолитных катализаторов, является необходимость в компрессоре для подачи циркулирующего ВСГ (рис. 5).

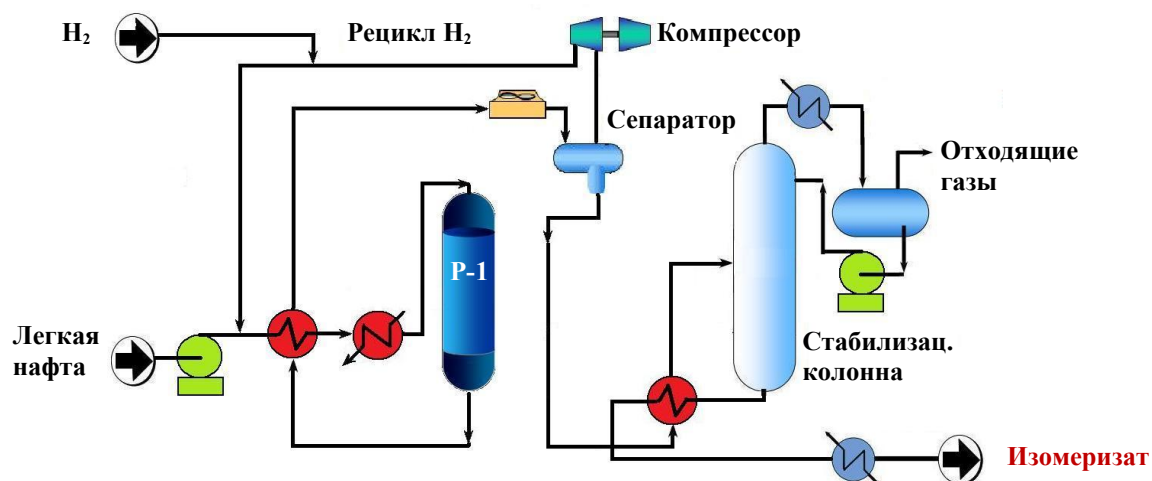


Рисунок 5 . Схема процесса изомеризации на катализаторах, содержащих сульфатированный оксид циркония [8, 12]

Основными разработчиками катализаторов, содержащих сульфатированный оксид циркония, являются УОР (технология *Par-Isom* на катализаторах LPI-100 и PI-242) и ОАО «НПП Нефтехим» (технология *Изомалк-2* на катализаторе СИ-2).

Катализатор СИ-2 по активности превышает PI-242 [5] и отличается уникальной сероустойчивостью: процесс, при необходимости, можно проводить без предварительной гидроочистки сырья. В этом случае октановое число изомеризата снижается на 2 пункта, но общий срок службы (8-10 лет) не меняется, а межрегенерационный период составляет не менее 12 месяцев. Сырье может содержать значительное количество бензола, который эффективно гидрируется на катализаторе. По лицензии ОАО «НПП Нефтехим» катализатор СИ-2 производится в ЗАО «Промышленные катализаторы» (г.Рязань) и ОАО «Ангарский завод катализаторов и органического синтеза» [8].

Более высокие активность и селективность в реакции изомеризации *n*-алканов, по сравнению с катализатором на сульфатированном оксиде циркония, проявил катализатор Pt/WO<sub>3</sub>-ZrO<sub>2</sub>, разработанный в университете г. Хокайдо (Япония). Превосходство данного типа катализатора объясняется быстрой поверхностной диффузией атомов водорода, которые на льюисовских кислотных центрах

превращаются в протоны и гидриды, тем самым увеличивая активность и селективность катализатора [14].

## 5. Технологические схемы процесса изомеризации

При минимальных инвестициях в реализацию процесса изомеризации может быть использована экономически эффективная схема без рециркуляции «за проход» (рис. 6).

**Схема с колонной деизопентанизации (ДИП)** перед реакторным блоком позволяет получить большие значения ОЧ изомеризата, увеличить степень конверсии *n*-пентанов и одновременно уменьшить нагрузку на реактор. Технология применима при содержании изопентанов в сырье более 13-15 % (рис. 7) [9,13,15].

**Схема с колонной деизогексанизации (ДИГ)** после реактора изомеризации – наиболее простой способ получения изомеризата с более высоким ОЧ. При этом непрореагировавшие низкооктановые компоненты (метилциклопентан и *n*-гексан) рециркулируются в реактор. Однако данная схема позволяет увеличить конверсию гексанов, но не повышает содержание изопентанов в продукте (рис. 8). Схема процесса может включать обе колонны деизопентанизации и деизогексанизации (с ДИП и ДИГ) [9,13,15].

**Схема с рециклом *n*-пентана** (с ДИП и ДП) требует дооборудования колонны депентанизации изомеризата после реакторного блока и колонны деизопентанизации перед реактором.

**Схемы с рециклом *n*-пентана и *n*-гексана.** Для полной конверсии всех парафинов нормального строения (не только *n*-C<sub>6</sub>, но и *n*-C<sub>5</sub>) в изомеры, необходима их полная рециркуляция, которую можно реализовать с помощью серии ректификационных колон (с ДИП, ДИГ и ДП), либо с помощью адсорбции на молекулярных ситах.

Метод адсорбции на молекулярных ситах (в жидкой или паровой фазе) основан на способности пор определенного размера селективно адсорбировать молекулы *n*-парафинов. Следующая стадия – десорбция *n*-парафинов из пор и их рецикл к исходному сырью. Этапы адсорбции и десорбции повторяются циклически или псевдонепрерывно.

Компания Axens предлагает два запатентованных процесса изомеризации на молекулярных ситах: **Ipsorb** и **Hexorb** (рис. 10, 11). Компания UOP предлагает процессы с системами адсорбции на молекулярных ситах, как в паровой (**Penex/Iso Siv**), так и в жидкой фазе (**Penex/Molex** (рис. 11)), а также процесс, сочетающий в себе адсорбционное разделение непрореагировавших n-парафинов от изомеров и деизогексанизацию **Penex/DIH/PSA** [5, 16].

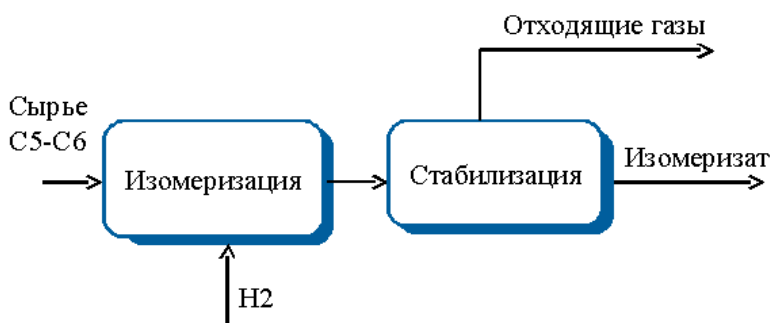


Рисунок 6. Блок-схема процесса «за проход»

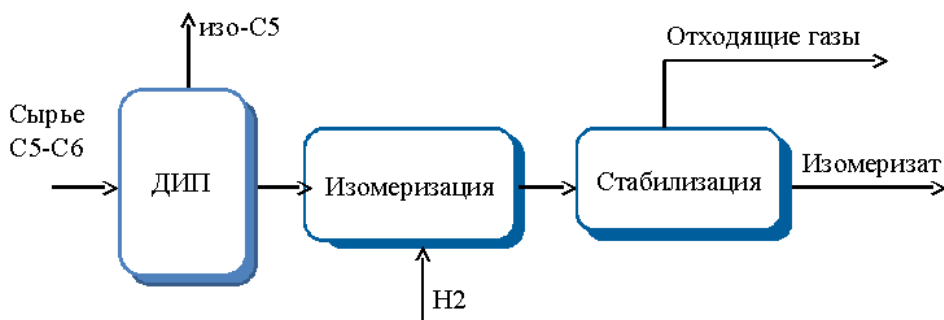


Рисунок 7. Блок-схема процесса с ДИП

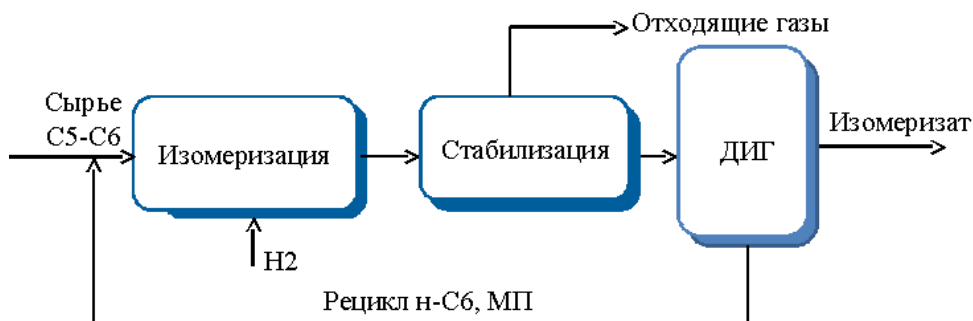


Рисунок 8. Блок-схема процесса с ДИГ

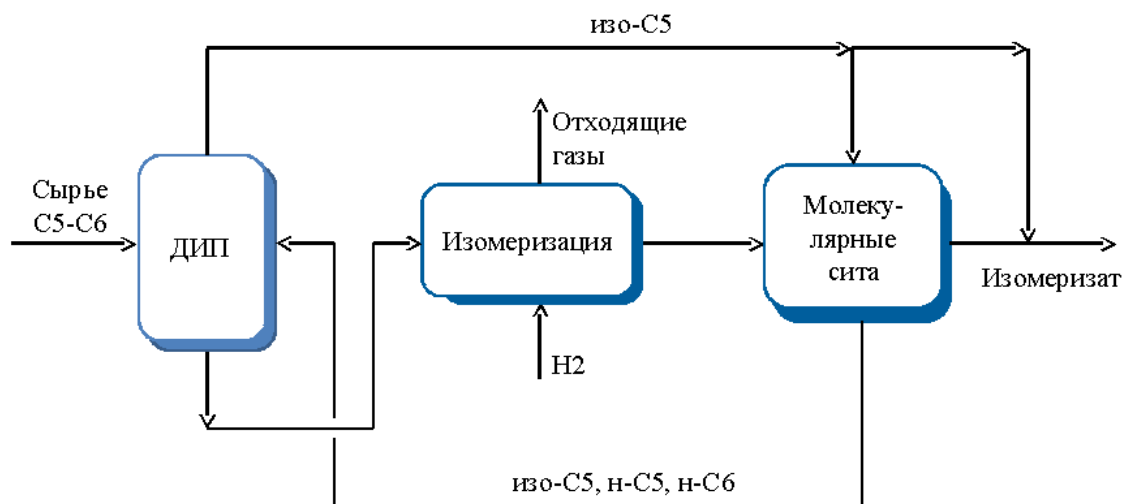


Рисунок 9. Блок-схема процесса Ipsorb

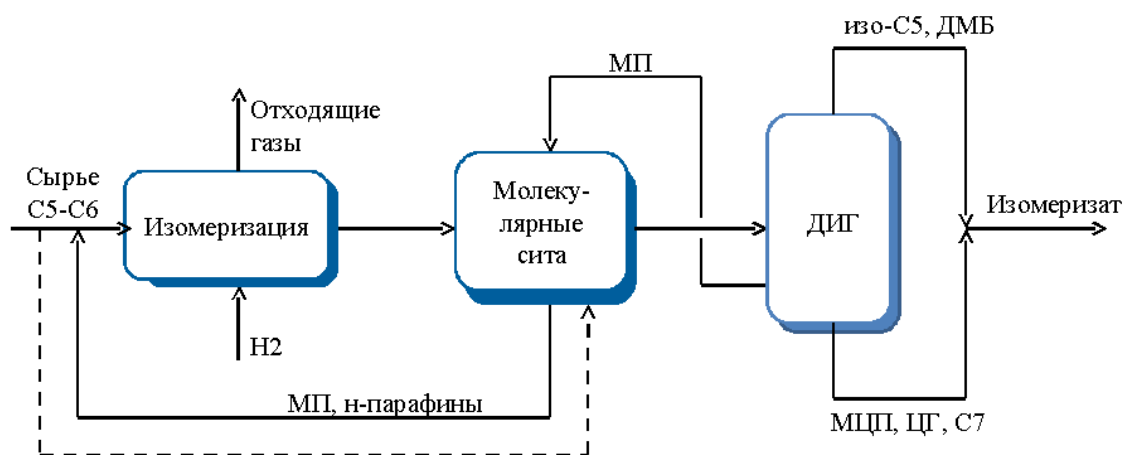


Рисунок 10. Блок-схема процесса Nexorb

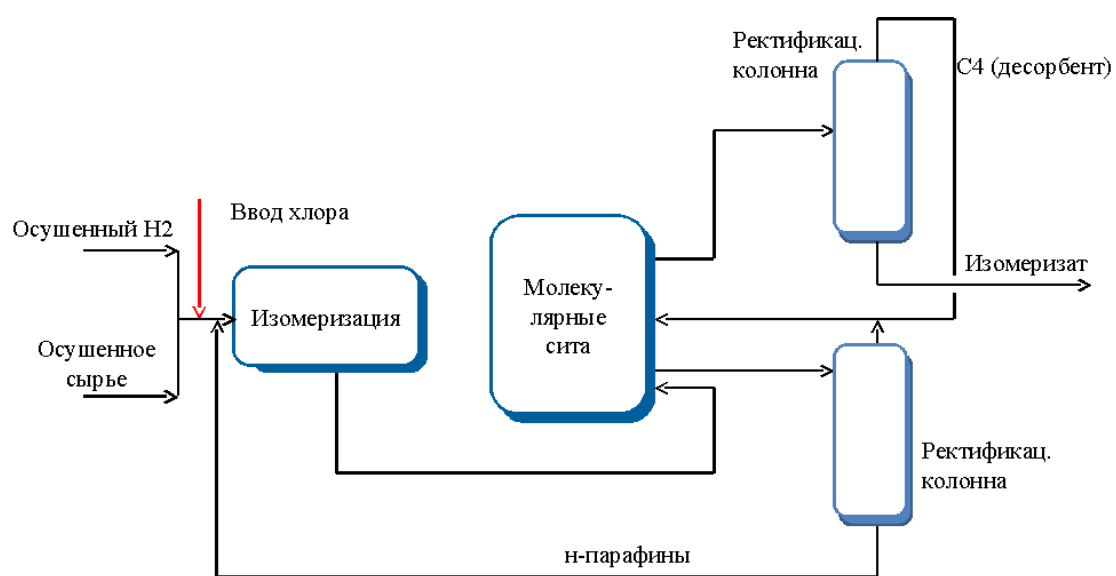
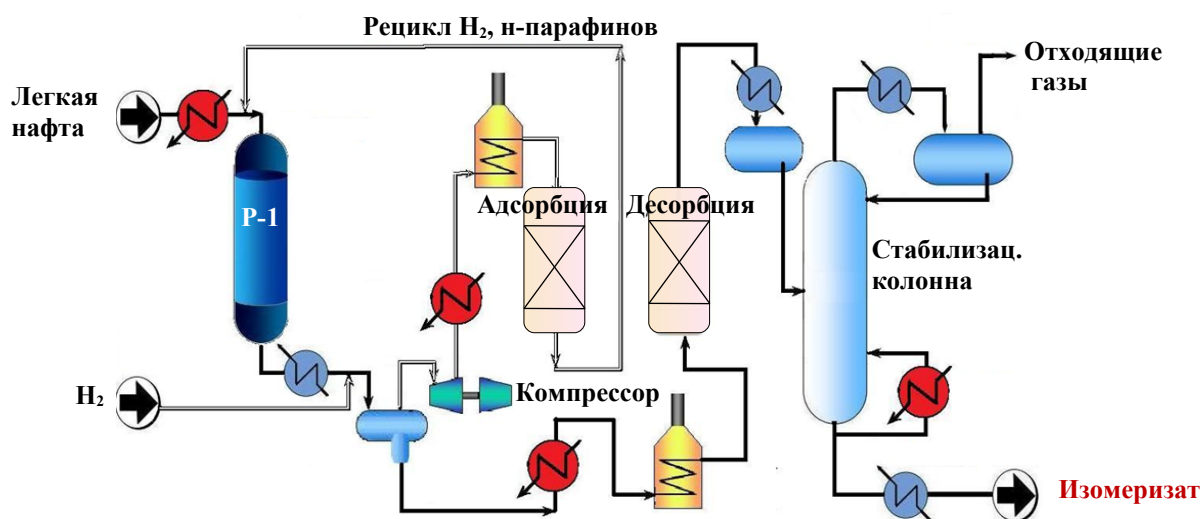


Рисунок 11. Блок-схема процесса Penex/Molex [12]

Фирма UOP предлагает запатентованный процесс изомеризации на цеолитных катализаторах **Total Isomerization Process (TIP)** (рис. 12) [5, 7, 12], который также включает разделение n-парафинов на молекулярных ситах.



**Технология Repex-Plus для переработки сырья с высоким содержанием бензола** (от 7 до 30 % об., в случае смеси легкой прямогонной бензиновой фракции и легкого риформата) включает секцию подготовки сырья – гидрирование бензола.

В таблице 1 [5-11, 14-20] представлены показатели процесса и качество изомеризата для технологий изомеризации UOP, Axens, Süd Chemie и ОАО «НПП Нефтехим» на различных катализаторах.

Таблица 1 – Показатели процессов изомеризации UOP, Axens, Süd Chemie и ОАО «НПП Нефтехим» (сырье с ИОЧ = 70-73)

Показатель	Pt/цеолит				Pt/хлорированный Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		Pt/ZrO <sub>2</sub> -SO <sub>4</sub>	
	UOP Zeolitic Process	Axens	CKS Süd Chemie CKS ISOM	ОАО «НПП Нефтехим» Изомалк-1	UOP Penex	Axens	UOP Par-Isom	ОАО «НПП Нефтехим» Изомалк-2
	HS-10	IP-632	Hysopar	СИ-1	I-8 Plus, I-82, I-84	IS 614 A (ATIS-2L) <sup>2</sup>	PI-242	СИ-2
Температура, °С	260-280	250-270	240-280	250-270	120-180	120-180 (110-170)	140-190	120-160
Давление, МПа	1,5-3,0	1,5-3,0	3-3,2	2,5	3,0 - 4,0	2	3,2	2,5 -2,8
Объемная скорость, ч <sup>-1</sup>	2	1-2	2	2	1,5	2	2,5	2,5- 3,5
Мольное соотношение H <sub>2</sub> :СН	4:1	(3-4):1	1,6:1 <sup>3</sup>	-	(0,3-0,5):1	< 1	2:1	(1,5-2,5):1
Компрессор	Необходим				Отсутствует		Необходим	
Подача хлора и щелочная очистка	Отсутствует				Необходима		Отсутствует	
Печь	Необходима				Отсутствует		Отсутствует	
Осушка сырья	Отсутствует				Необходима		Отсутствует	
Примеси:								
- H <sub>2</sub> O, ppm	50 (200) <sup>1</sup>	50 (200) <sup>1</sup>	≤ 200	10-20 мг/м <sup>3</sup>	0,1	0,1	≤ 20	≤ 20
- азот, ppm	1	1	-	-	0,1	0,1	1	1-2
- сера, ppm	50 (100) <sup>1</sup>	50 (100) <sup>1</sup>	100 (200) <sup>1</sup>	≤ 1	0,1-0,5	0,1-0,5	1-5	2-5 (50) <sup>1</sup>
- бензол, % масс.	5 (15) <sup>1</sup>	5 (15) <sup>1</sup>	-	-	≤ 1	≤ 1	≤ 10	≤ 10
- C <sub>7+</sub> , % масс.	2-3	2-3	-	-	< 1	< 1	≤ 5	≤ 5
Межрегенерационный период (срок службы)	2-3 года (10 лет)				-	IS 614 A – способен к регенерации	2-3 года, с предгидроочисткой (8-10 лет)	
Октановое число, пункты (ИМ)								
- за проход	78-80	80	78-80	80	83-86	83 (84-85)	81-83	82-84
- с ДИП (ДИП и ДП) <sup>4</sup>	-	82	80-83	-	-	84 (85-86)	-	85-86 <sup>4</sup>
- с ДИГ	-	86	-	82-85	87-90 (Penex /ДИИ)	88 (89-90)	86-87 (Par-Isom /ДИИ)	87-89
-с ДИП и ДИГ	-	-	-	-	90-93 (DIP-Penex /ДИИ)	-	-	89-90
- с ДИП, ДИГ и ДП	-	-	-	-	-	-	-	91-92
- с рециклом n-C <sub>5</sub> , n-C <sub>6</sub> на молекулярных ситах	87-90 (TIP)	88 Ipsorb 90 Hexorb <sup>5</sup>	-	-	88-91 (Penex /Molex)	90 (90-91) Ipsorb 92 (92-93) Hexorb <sup>5</sup>	-	91-92
Выход изомеризата, % об.	97-98	-	98,1	-	≥ 99	-	≥ 97	97-98
изо-C <sub>5</sub> /∑C <sub>5</sub> , % масс.	53-62				70-78		68-72	70-75
2,2-ДМБ/∑C <sub>6</sub> , % масс.	10-16				30-36		20-27	28-34

<sup>1</sup> - в течение непродолжительного времени;

<sup>2</sup> - в скобках данные для катализатора ATIS-2L; <sup>3</sup> - по данным Ангарского НПЗ;

<sup>4</sup> - данные для схемы с рециклом C<sub>5</sub> (ДИП и ДП);

<sup>5</sup> - процесс с рециклом C<sub>5</sub>, C<sub>6</sub> и метилпентанов.

## 6. Развитие процесса изомеризации в России и в мире.

На сегодняшний день лидер в лицензировании технологии изомеризации – компания UOP, по ее технологиям в мире на сегодняшний день эксплуатируется более 220 установок. Из них более 120 установок работают по процессу Penex, 60 установок – на цеолитных катализаторах (к ним относится процесс TIP) и более 10 установок – по технологии Par-Isom. Свыше 30 установок в мире эксплуатируются по лицензиям фирмы Axens и более 20 – на основе процесса CKS ISOM компании Süd-Chemie. Процессы Изомалк-2 ОАО «НПП Нефтехим» эксплуатируются не только в России, имеются по одной установке на Украине и в Румынии [6].

Для того чтобы понять тенденцию развития процесса изомеризации в нашей стране, обратимся к составу бензинового фонда и доли в нем изомеризата в России, Европе и США (рис. 13) [7,21].

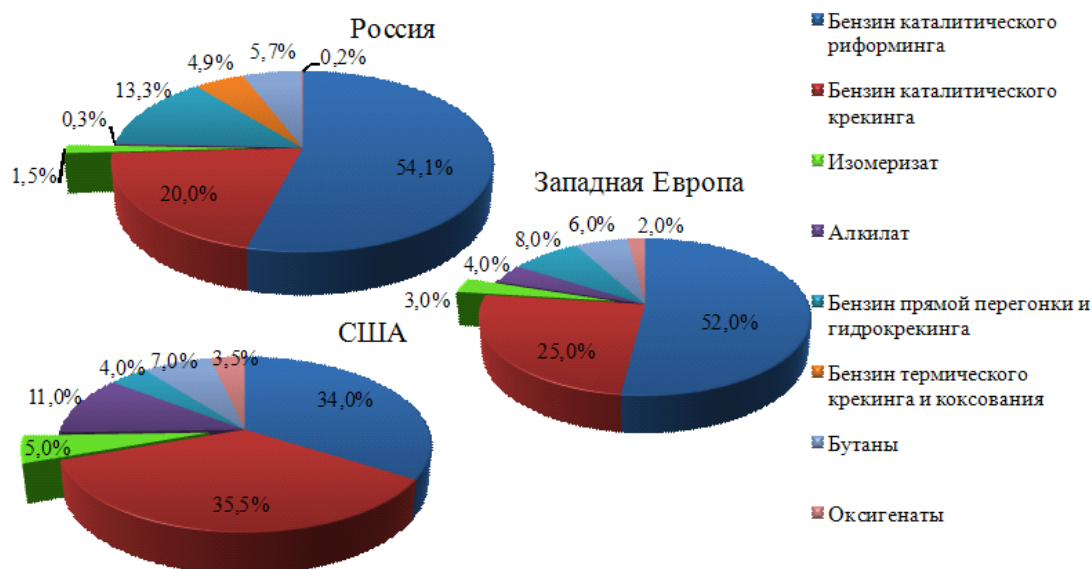


Рисунок 13. Состав бензинового фонда в России, Европе и США

В России, где базовым процессом для производства высокооктановых бензинов является каталитический риформинг, отмечается значительное отставание от ведущих зарубежных стран по содержанию изомеризата в бензиновом фонде (1,5 % против 5 % в США и 3 % Европе). В связи с принятием нового технического регламента, в России, начиная с 2002 года, наблюдается период активного ввода в эксплуатацию установок изомеризации на российских НПЗ (рис. 14).

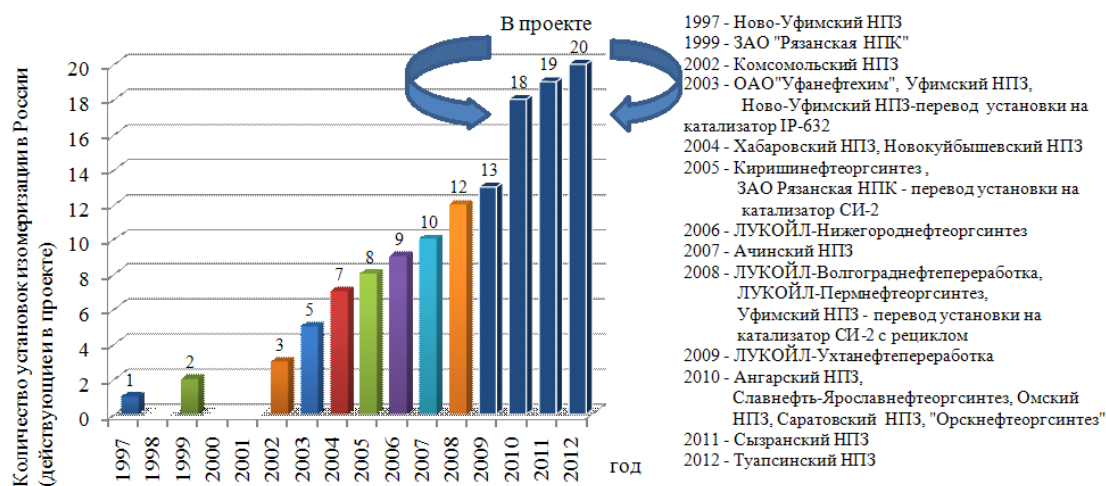


Рисунок 14. Развитие процесса изомеризации в России

По данным [5, 22] на 2008 год в России процессом изомеризации легкой нефти оснащены 12 НПЗ, из которых 5 работают на циркониевых катализаторах (4 установки – по процессу Изомалк-2 и 1 – по процессу Par-Isom), 4 установки эксплуатируются на хлорированных катализаторах и 3 установки – на цеолитсодержащих катализаторах. Три установки были реконструированы и переведены на более эффективные катализаторы (Таблица 2).

До 2012 года планируется реализация проектов строительства установок изомеризации еще на восьми российских НПЗ, из которых 6 - на циркониевых катализаторах (4 по процессу Изомалк-2 и 2 по процессу Par-Isom). Причем схемы всех проектируемых установок включают рецикл непревращенных низкооктановых компонентов (Таблица 3).

Таблица 2

## Действующие установки изомеризации на нефтеперерабатывающих предприятиях России [5-6,8,20,22-25]

НПЗ	Год пуска (реконструкции)	Мощность, тыс.т/г	Процесс	Катализатор	Параметры процесса	ИОЧ изомеризата	Выход изомеризата $\chi$ , ГИП <sup>1</sup> , ГИГ <sup>2</sup> , % масс.	Примечание
Ново-Уфимский НПЗ	1997 (2003)	500	Axens	IP-632 Pt/цеолит	-	-	-	Схема «за проход», планируется дооборудование блоком ДИГ, имеется блок подготовки широкой бензиновой фракции. Сырье – прямогонная и реформированная фракция н.к.-85 °С.
ЗАО «Рязанская НПК»	1999 (2005)	450	Изомалк-2	СИ-2 Pt/ZrO <sub>2</sub> -SO <sub>4</sub>	T = 130 °С P = 2,8-2,9 МПа K <sub>цвст</sub> = 560 нм <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	83-84	$\chi$ = 98 ГИП = 72-74 ГИГ = 30-32	Схема «за проход». До реконструкции установка работала на катализаторе СИ-1 с производительностью 300 тыс.т/г.
Комсомольский НПЗ	2002	100	Axens	IS 614 A Pt/Cl Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	T = 130-140 °С P = 3-3,5 МПа	86-88	$\chi$ = 97,2 ГИП = 69 ГИГ = 29	Схема с ДИП и ДИГ. Сырье – н.к.-85 °С, с содержанием влаги < 1 ppm, серы < 0,5 ppm.
ОАО «Уфанефтехим»	2003	400	Изомалк-2	СИ-2 Pt/ZrO <sub>2</sub> -SO <sub>4</sub>	T = 170-180 °С P = 3 МПа K <sub>цвст</sub> = 700-800 нм <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	81-82	$\chi$ = 98 ГИП = 69-70 ГИГ = 18-22	Схема «за проход». Сырье н.к.-70 °С.
Уфимский НПЗ	2003 (2008)	380	Изомалк-2	СИ-2 Pt/ZrO <sub>2</sub> -SO <sub>4</sub>	-	-	-	Схема с ДИГ. Реконструкция заключалась в замене среднетемпературного катализатора ИПМ-02 на катализатор СИ-2.
Хабаровский НПЗ	2004	108	CKS ISOM	Hysopar Pt/цеолит	-	-	-	-
Новокуйбышевский НПЗ	2004	200	CKS ISOM	Hysopar Pt/цеолит	-	-	-	-
Киришинефтеоргсинтез	2005	450	Изомалк-2	СИ-2 Pt/ZrO <sub>2</sub> -SO <sub>4</sub>	T = 127-130 °С P = 2,8-3,2 МПа K <sub>цвст</sub> = 600-700 нм <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	85	$\chi$ = 98 ГИП = 72-75 ГИГ = 30-31	Схема «за проход», катализатор загружен в 3 реактора.
ЛУКОЙЛ-Нижегороднефтеоргсинтез	2006	440	Par-Isom	LPI-100 Pt/ZrO <sub>2</sub> -SO <sub>4</sub>	T = 165-175 °С K <sub>цвст</sub> = 1100-1200 нм <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	80-82	-	Схема «за проход». Сырье н.к.-85 °С.
ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез	2007	470	Penex-DIH	I-82 Pt/Cl Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	-
Ачинский НПЗ	2007	300	Penex	I-82 Pt/Cl Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	T = 132-179 °С P = 2,9-3,2 МПа K <sub>цвст</sub> = 300 нм <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	86-87	$\chi$ = 99 ГИП = 61-63 ГИГ = 36	Сырье проходит блок гидроочистки, не подвергается гидрированию. ИОЧ сырья = 70.
ЛУКОЙЛ-Волгограднефтепереработка	2008	385	Penex-DIH	I-82 Pt/Cl Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	$\chi$ = 92	Сырье – головная фракция риформата с ИОЧ = 78,9, содержание бензола в сырье 16,3 %. Сырье проходит блок гидрирования бензола.

<sup>1</sup> ГИП – глубина изомеризации пентанов,  $\text{изо-C}_5/\sum\text{C}_5$ ;<sup>2</sup> ГИП – глубина изомеризации гексанов,  $2,2\text{-ДМБ}/\sum\text{C}_6$ .

Таблица 3

Планируемые проекты строительства установок изомеризации  
нефтеперерабатывающих предприятий России [6, 20, 26]

НПЗ	Год пуска	Мощность, тыс.т/г	Процесс	Катали-затоп	ИОЧ изомеризата	Вариант схемы
ЛУКОЙЛ-Ухтанефтепереработка	2009	120	Par-Isom	PI-242	86-87	с ДИП
Ангарский НПЗ	2010	280	CKS ISOM	Hysopar Pt/цеолит	86	с ДИП
Славнефть-Ярославнефтеоргсинтез	2010	680	Изомалк-2	СИ-2	90	с ДИП и ДИГ
Омский НПЗ	2010	800	Изомалк-2	СИ-2 Pt/ZrO <sub>2</sub> -SO <sub>4</sub>	91-92	с ДИП, ДИГ и ДП
Саратовский НПЗ	2010	300	Изомалк-2	СИ-2	91-92	с ДИП, ДИГ и ДП
«Орскнефтеоргсинтез»	2010	300	Изомалк-2	СИ-2	80-82	«за проход»
Сызранский НПЗ	2011	300	Axens	ATIS-2L	89-90	с ДИП и ДИГ
Туапсинский НПЗ	2012	800	Par-Isom	PI-242	-	-

### Выводы

Анализ развития процесса изомеризации показал его стремительно возрастающую конкурентоспособность по сравнению с другими процессами, направленными на получение компонентов бензинов. При этом схемы проектируемых и реконструируемых процессов изомеризации преимущественно снабжены рециклом низкооктановых пентанов и гексанов, что связано с необходимостью получения автобензинов, соответствующих все более жестким стандартам.

Следует отметить, что в последнее время предпочтение отдается процессам на сульфатированных оксидах циркония. В России, главным образом, – на катализаторе СИ-2 отечественного производителя, что объясняется эксплуатационными характеристиками данного типа катализатора, по которым он не уступает зарубежным аналогам.

## Литература

1. Специальный технический регламент «О требованиях к бензинам, дизельному топливу и отдельным горюче-смазочным материалам», федеральный закон, 2008.
2. Введение бензина Евро-3 в России отложено до 2011 г. // Информационное агентство Au92. URL: [http://www.au92.ru/msg/20090113\\_9011311.html](http://www.au92.ru/msg/20090113_9011311.html) (дата обращения 19.10.2009).
3. Palmer E.R., Kao, S.H., Tung C, Shipman D.R. Consider options to lower benzene levels in gasoline. New regulations further limit this aromatic from the refinery blending pool // Hydrocarbon Processing, June 2008. – pp. 55-66.
4. Танатаров М.А., Ахметов А.Ф., Шипикин В.В, Георгиевский В.Ю. Производство неэтилированных бензинов // Тематический обзор – М.: ЦНИИТ-Энефтехим, 1981. – 76 с.
5. Хаимова Т.Г., Мхитарова Д.А. Изомеризация как эффективный путь производства высокооктановых компонентов бензина // Информационно-аналитический обзор. М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2005. – 80 с.
6. Турукалов М. Полная изомеризация // Нефтегазовая вертикаль. – 2008. – № 16. – с. 22-28.
7. IFP Training. Isomerization of Light Gasoline // ENSPM Formation Industry, 2008.
8. ОАО "НПП Нефтехим". <http://www.nefthim.ru> .
9. Бруно Домерг, Лоран Ватрипон. Дальнейшее развитие технологии изомеризации парафинов // Нефтепереработка и нефтехимия – 2001. – № 4. – с. 15-27.
10. Покровский С. Новые зарубежные технологии нефтепереработки // Нефтегазовая вертикаль. – 2002. – № 7. – с. 68-71.
11. Мартин Хантер ЮОП Лимитед. Процесс изомеризации и катализаторы – ключевое решение для удовлетворения спроса на бензин // 7-я Конференция и выставка по технологиям нефтепереработки России и стран СНГ.
12. UOP LLC, <http://www.uop.com> .
13. Бруно Домерг, Лоран Ватрипон. Передовые решения для процессов изомеризации парафинов // Нефтепереработка и нефтехимия – 2003. – № 7. – с. 3-9.

14. Агабеков В.Е., Сеньков Г.М. Каталитическая изомеризация легких парафиновых углеводородов // Катализ в химической и нефтехимической промышленности – 2006. – № 5. – с. 31-41.
15. Буй Чонг Хан, Нгуен Ван Ты, Ахметов А.Ф. Сравнительный анализ различных схем изомеризации пентан-гексановой фракции // Нефтепереработка и нефтехимия – 2008. – № 2 – С. 22-25.
16. Воевода Н.В. Повышение октановых чисел бензинов // Информационно-аналитический обзор. М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2001. – 114 с.
17. OGJ International refining-catalyst compilation – 1999 // Oil & Gas – 1999. – № 39 – р. 47-48.
18. Кузнецов П.Н., Кузнецова Л. И., Твердохлебов В.П., Санников А.Л. Сравнительный анализ эффективности катализаторов изомеризации n-алканов C<sub>4</sub>-C<sub>6</sub> // Химическая технология. – 2005. – № 2. – с. 7-14.
19. Нгуен Ван Ты, Буй Чонг Хан, Ахметов А.Ф. Перспективные технологии производства моторных топлив с улучшенными экологическими свойствами в условиях Вьетнама // Нефтепереработка и нефтехимия – 2007. – № 5 – С. 31-34.
20. Шакун А.Н. Производство экологически чистых автобензинов. Новейшие сведения по проектированию и строительству установок изомеризации Анализ технологических схем // 8-я Конференция и выставка по технологиям нефтепереработки России и стран СНГ.
21. Ахметов С.А. Экологическая химмотология топлив и масел. – Уфа: УГНТУ, 2008.– 150 с.
22. Плюс изомеризация всей нефти // Нефть и капитал – 2008. – № 4 – с. 49-52.
23. Гаврилов Н.В., Дуров О.В., Сорокин Ю.Б., Сыркин А.М. Оптимизация температурного режима процесса изомеризации установки Л 35/5 ОАО «Лукойл-Нижегороднефтеоргсинтез» // Башкирский химический журнал – 2008. – Том 15 № 2. – с. 140-144.
24. Полункин Я.М., Анিকেев М.Н., Ромашкин В. А., Макеев С.А., Шакун А.Н. и др. Опыт эксплуатации новых катализаторов в производстве современных бензинов в Рязанской Нефтеперерабатывающей компании // Катализ в нефтеперерабатывающей промышленности – 2007. – № 5. – с. 19-22.

25. Ежов В.В., Мелехин В.В., Камалов К.Г., Боруцкий П.Н. и др. Интенсификация работы установки низкотемпературной изомеризации легкой бензиновой фракции ООО «РН-Комсомольский НПЗ» // Нефтепереработка – 2006. –№ 9. – с. 76-79.

26. Башинский А.И., Вихман А.Г., Мириманян А.А., Савватеев М.А., Киевский В.Я., Ямпольская М.Х., Карапетян И.Н., Енукова И.Ю., Данилян М.Ю., Елшин А.И., Кращук С.Г. Проектные решения по разработке комбинированной установки изомеризации с блоками подготовки сырья на НПЗ ОАО «Ангарская НХК» // Нефтепереработка и нефтехимия. -№9. -2006.

URL: <http://www.ect-service.ru/public/public3.php> (дата обращения 16.10.2009).