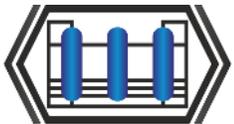


30-я юбилейная выставка-форум  
«ГАЗ. НЕФТЬ. ТЕХНОЛОГИИ - 2022»



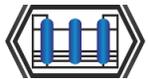
Замена хлорированных катализаторов изомеризации на современные оксидно-циркониевые катализаторы для повышения экономической эффективности и экологичности процессов получения изокомпонентов и снижения зависимости от импортных поставок



Карпенко Тимофей  
ООО «НПП Нефтехим»

Разработка отечественных технологий  
нефтепереработки и нефтехимии





# ИЗОМАЛК-2

02

## Технология изомеризации пентан-гексановых фракций

### БОЛЕЕ 18 ЛЕТ ПРОМЫШЛЕННОГО ОПЫТА ПРИМЕНЕНИЯ

Более 30 референций (Россия, США, ЕС, Китай, Индия, страны Ближнего Востока), суммарно более 1 000 000 часов промышленной эксплуатации катализатора СИ-2

### ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОЦЕССА

Получение изомеризата с ИОЧ до 93 пунктов на работающих установках.  
Получение изомеризата «за проход» с PIN 130+

### СТАБИЛЬНОСТЬ КАТАЛИЗАТОРА

Высокая устойчивость катализатора к действию каталитических ядов, восстановление активности после проскоков воды и серы.

Гарантийный срок службы – 12 лет.

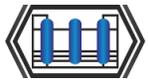
Фактический срок службы катализатора на промышленных установках - более 16 лет

### ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНОЛОГИИ

Отсутствие кислотных реагентов и щелочных отходов.

Отсутствие коррозионных сред в течение всего жизненного цикла катализатора





03

# ПЕРЕВОД УСТАНОВКИ ИЗОМЕРИЗАЦИИ

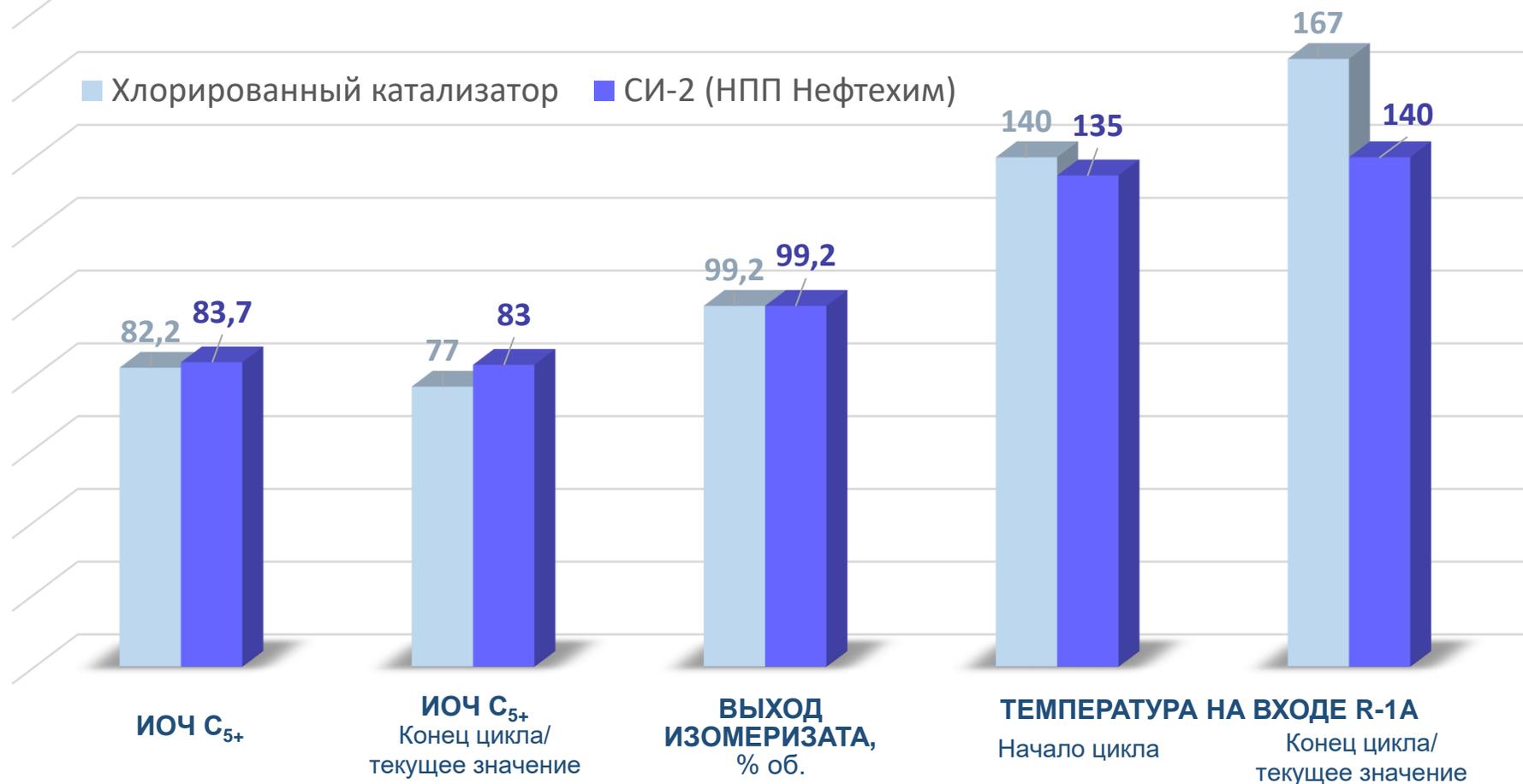
## с хлорированного катализатора на катализатор СИ-2

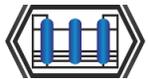


Данные промышленной установки мощностью 100 тыс.т/год

Схема процесса «за проход»

Перевод на катализатор СИ-2 осуществлен в 2015 году





# ПЕРЕВОД УСТАНОВКИ ИЗОМЕРИЗАЦИИ

с хлорированного катализатора на катализатор СИ-2

04

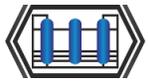


→ → → СНИЖЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ

## При применении хлорированного катализатора

## После перехода на катализатор СИ-2

- | 1<br>Перед загрузкой хлорированного катализатора в реактор требуется подготовка оборудования установки с обработкой реагентами, занимающая длительное время – до 3-х недель и более. | Для загрузки катализатора выполняется сушка оборудования в течение 1-2 дней, реагенты не применяются.                       |
|--|---|
| <i>Трудоёмкие пусконаладочные работы, выполняются подрядной организацией. Задержка ввода в эксплуатацию приводит к финансовым потерям для завода.</i>                                | <i>Результат:</i><br>- Снижение затрат на проведение пусконаладочных работ, осуществление работ собственными силами завода. |
| 2<br>Для работы установки на хлорированном катализаторе требуется подача перхлорэтилена специального качества, подходящего для установки изомеризации.                               | Подача реагентов при эксплуатации катализатора СИ-2 не требуется.   |
| <i>Закупка реагентов по высокой цене и зависимость от поставок реагентов, необходимость хранения запаса для обеспечения работоспособности установки.</i>                             | <i>Результат:</i><br>- Реагенты более не применяются.   |



05

# ПЕРЕВОД УСТАНОВКИ ИЗОМЕРИЗАЦИИ

с хлорированного катализатора на катализатор СИ-2



→ → → ПОВЫШЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

## При применении хлорированного катализатора

## После перехода на катализатор СИ-2

3

При воздействии на хлорированный катализатор каталитических ядов, перхлорэтилен не разлагается и попадает в продукт установки.

*Риск недостижения качества получаемой продукции, загрязнения продуктовых резервуаров хлором и отравления катализаторов последующих процессов.*

При эксплуатации катализатора СИ-2 реагенты не подаются

**Результат:**

- Гарантировано полное отсутствие реагентов в получаемом продукте.

4

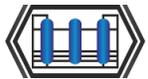
При эксплуатации хлорированного катализатора сбросной газ содержит соляную кислоту и не может быть утилизирован без должной очистки, для которой применяется щелочной скруббер.

*Требуется эксплуатация отдельного блока, с постоянным снабжением щелочным концентратом и химочищенной водой, с бесперебойной работой динамического оборудования и анализаторов. Оборудование работающее в контакте с соляной кислотой и щелочью подвергается коррозионному воздействию, влекущему риск развития серьёзной аварийной ситуации.*

Сбросной углеводородный газ при эксплуатации катализатора СИ-2 не содержит примесей и может быть подан напрямую в топливную сеть без доочистки.

**Результат:**

- Снижение эксплуатационных затрат.  
- При эксплуатации катализатора СИ-2 на установке отсутствуют коррозионные потоки, исключается риск связанных с этим аварийных ситуаций.



06

# ПЕРЕВОД УСТАНОВКИ ИЗОМЕРИЗАЦИИ

с хлорированного катализатора на катализатор СИ-2



→ → → СНИЖЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ

## При применении хлорированного катализатора

## После перехода на катализатор СИ-2

5

Отработанный щелочной раствор требует специальных мер по нейтрализации.

*Требуется нейтрализация, затраты на разбавление до безопасной концентрации солей, либо концентрирование и захоронение солевого концентрата.*

При эксплуатации установки на катализаторе СИ-2 технологические стоки на установке отсутствуют.

**Результат:**

- Снижение эксплуатационных затрат.  
- Улучшение экологической составляющей производства.

6

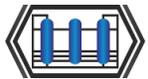
Высокая чувствительность хлорированного катализатора к влаге не позволяет выполнить внутренний осмотр и обслуживание реакторов. Выгрузка катализатора приведёт к его дезактивации.

*При возникновении необходимости обслуживания реакторов неизбежно потребуются внеочередная замена хлорированного катализатора.*

При необходимости катализатор СИ-2 может быть выгружен из реакторов и загружен обратно с сохранением эксплуатационных показателей.

**Результат:**

- Проведение обслуживания и осмотра реакторов в регламентированные сроки, без затрат на замену катализатора.



# ПЕРЕВОД УСТАНОВКИ ИЗОМЕРИЗАЦИИ

с хлорированного катализатора на катализатор СИ-2

07



→ → → ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

## При применении хлорированного катализатора

## После перехода на катализатор СИ-2

7

Высокая чувствительность хлорированного катализатора к влаге требует работы адсорберов-осушителей сырья и ВСГ в непрерывном цикле переключения регенерация – работа, как правило каждые 1-2 суток.

*Постоянное потребление энергоресурсов, потери продукта при заполнении и продувке адсорберов. Выход из строя оборудования для регенерации адсорбента потребует останова установки, поскольку проскок влаги приведёт к необратимой дезактивации хлорированного катализатора.*

При эксплуатации катализатора СИ-2 возможна работа адсорберов в режиме до полного насыщения влагой, межрегенерационный период может быть увеличен. На промышленных установках Изомалк-2 он как правило составляет 2-3 месяца.

**Результат:**

- Снижение эксплуатационных затрат.  
- Исключение рисков, связанных с проскоком влаги. Катализатор СИ-2 восстанавливает активность после проскока влаги.

8

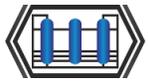
Ввиду постоянной дезактивации катализатора срок службы катализатора составляет 4-5 лет, после чего один из реакторов подлежит замене.

*Необходимость постоянной дозакупки катализатора, зависимость от сроков поставки.*

Гарантированный срок службы катализатора СИ-2 составляет более 10 лет, фактически достигнутый на промышленных установках изомеризации – более 16 лет.

**Результат:**

- Значительное снижение затрат на катализатор в долгосрочной перспективе. Повышение надёжности производства.



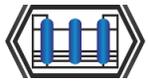
# УСТАНОВКА ИЗОМЕРИЗАЦИИ С РЕЦИКЛОМ ГЕКСАНОВ



08

## Переход с хлорированного катализатора на катализатор СИ-2

Параметр	Хлорированная каталитическая система	После перехода на катализатор СИ-2
Октановое число дистиллята ДИГ по ИМ, пункты	87,7-88,2	87,7-88,2
Выход дистиллята ДИГ на гидрогенизат, % масс.	80-84	<b>91-96</b>
Октановое число кубового продукта ДИГ по ИМ, пункты	69-73	68-72
Выход кубового продукта ДИГ на гидрогенизат, % масс.	14-18	<b>2-6</b>
Расчетное октановое число смеси дистиллята и кубового продукта ДИГ по ИМ, пункты	84,3-86,0	<b>86,4-87,9</b>
Объёмная скорость подачи сырья, ч <sup>-1</sup>	1,1-1,3	2,3-2,5
Подача хлорирующего реагента, ppm на сырьё	~90	<b>исключена</b>
Блок защелачивания	в работе	<b>выведен из работы</b>
Устойчивость катализатора к воздействию серы и влаги в сырьё	при проскоке сероводорода катализатор полностью теряет активность, проскок влаги приводит к необратимой дезактивации	<b>фактически подтверждена работа с высоким содержанием влаги и сероводорода в циркулирующем газе</b>



# ПРЕИМУЩЕСТВА ДЛЯ СХЕМ С РЕЦИКЛОМ ГЕКСАНОВ

09

Переход с хлорированного катализатора на катализатор СИ-2



## Катализатор изомеризации СИ-2

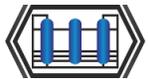
Проявляет существенно более высокую реакционную способность при работе на сырье с высоким содержанием нафтеновых углеводородов  $C_6$  и углеводородов  $C_{7+}$ .

Минимизирован выход низкооктановой фракции  $C_{7+}$  куба колонны ДИГ и **повышен выход высокооктанового дистиллята колонны ДИГ на 10-12%** по сравнению с показателями работы на хлорированном катализаторе.

Октановое число смесового изомеризата (дистиллят и кубовый продукт колонны ДИГ) **повышено на ~2 пункта.**

**Увеличение выхода высокооктанового изокомпонента позволило повысить выработку товарного автобензина с низким содержанием ароматических углеводородов, соответствующего современным экологическим стандартам.**





10

# ПЕРЕХОД С ХЛОРИРОВАННОГО КАТАЛИЗАТОРА НА КАТАЛИЗАТОР СИ-2



Для промышленной установки мощностью 300 тыс.т/год  
Схема процесса «с рециклом гексанов»



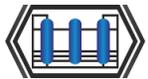
Повышение выработки изокомпонента на ~10-12%;  
Сокращение общего энергопотребления на ~5-7%;  
Повышение эксплуатационной надежности производства.



Исключение закупки ПХЭ – 61 тонна в год;  
Исключение закупки щелочи – 390 тонн в год;  
Исключение щелочных стоков.



Срок окупаемости решения 2,5 года;  
Сокращение воздействия на окружающую среду - бесценно



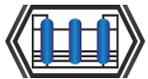
# ТЕХНОЛОГИЯ ИЗОМЕРИЗАЦИИ ИЗОМАЛК-2М с применением катализатора СИ-2Б



В отличие от классической схемы процесса Изомалк-2, в схеме Изомалк-2М отсутствует циркуляция ВСГ. Благодаря этому капитальные затраты на строительство установки снижаются на ~20%.



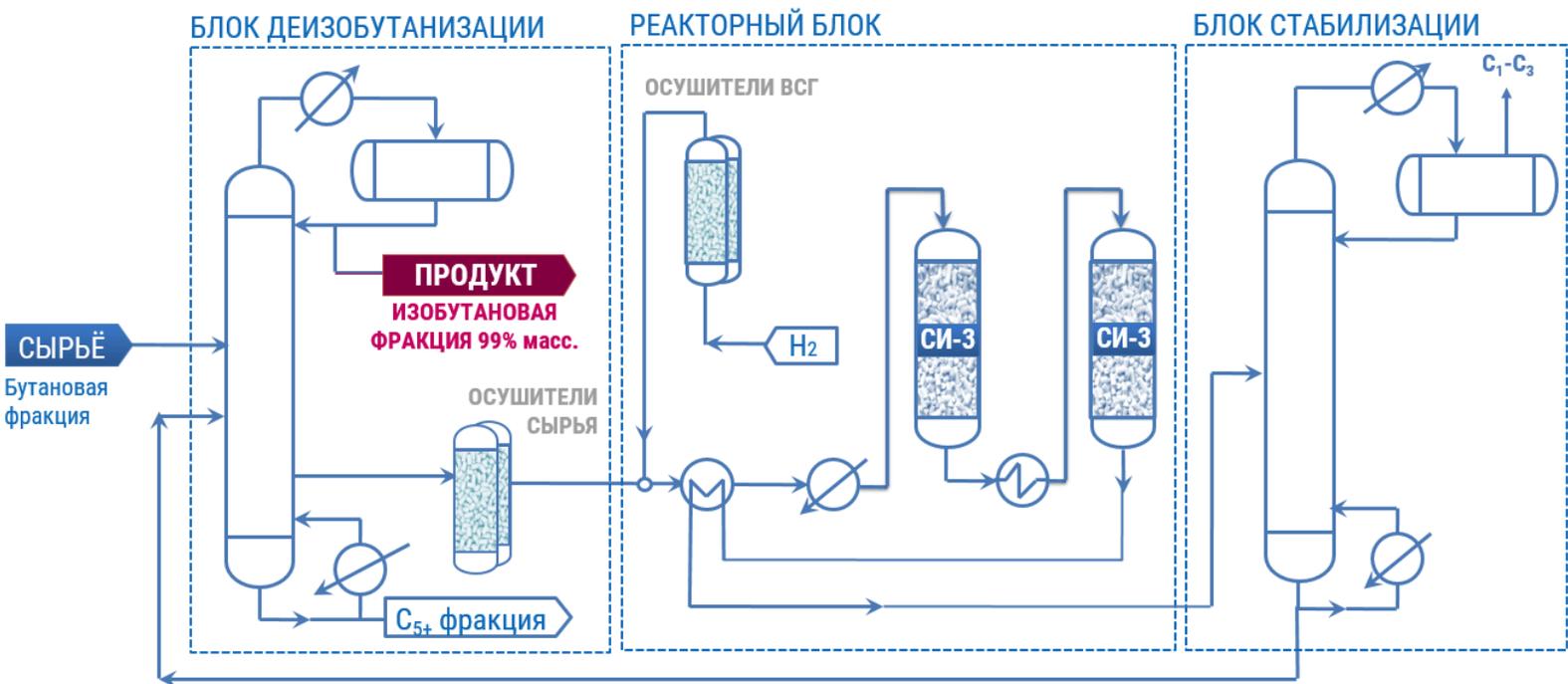
Возможность перевода действующих установок изомеризации с хлорированного катализатора на технологию ИЗОМАЛК-2М с использованием катализатора СИ-2Б  
**БЕЗ МОДЕРНИЗАЦИИ СУЩЕСТВУЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ**



# ИЗОМАЛК-3

12

## Технология изомеризации n-бутана на катализаторе СИ-3



### НЕ ПРИМЕНЯЕТСЯ ПОДАЧА АГРЕССИВНЫХ РЕАГЕНТОВ

Отсутствует коррозия технологического оборудования;  
Отсутствуют технологические отходы и выбросы, требующие утилизации;  
В продукте отсутствуют микропримеси хлора, серы, металлов

### ВЫСОКАЯ НАДЕЖНОСТЬ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

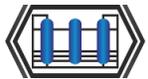
Временное повышение примесей в сырье не приводит к безвозвратной потере активности катализатора;

### ДЛИТЕЛЬНЫЙ СРОК СЛУЖБЫ КАТАЛИЗАТОРА СИ-3 – БОЛЕЕ 10 ЛЕТ

### УСТОЙЧИВОСТЬ К ДЕЙСТВИЮ КАТАЛИТИЧЕСКИХ ЯДОВ

Не требуется специальная доочистка сырья от микропримесей влаги, серы и азота. Временные изменения качества сырья не приводят к безвозвратной потере активности в отличие от хлорированных катализаторов;  
Не требуются перегрузки и дозасыпка в течение всего срока службы

**ВОЗМОЖНОСТЬ ПЕРЕВОДА БЕЗ РЕКОНСТРУКЦИИ**  
действующей установки изомеризации бутана  
с хлорированного катализатора на катализатор СИ-3



# ИЗОМАЛК-3

Опыт промышленного внедрения

13

## НА ЗАРУБЕЖНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

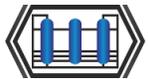
- |   |  |         |
|---|--|---------|
| 1 | SHANDONG SINCIER PETROCHEMICAL CO., LTD, КИТАЙ   | 2015 г. |
| 2 | LIAONING HUALU SPECIALTY ASPHALT CO., LTD, КИТАЙ | 2017 г. |
| 3 | DONGYING HAIKE RUILIN CHEMICALS CO., LTD, КИТАЙ  | 2017 г. |
| 4 | SINOPEC JINLING PETROCHEMICALS CO., LTD, КИТАЙ   | 2019 г. |
| 5 | ANQING CHEMICAL, КИТАЙ                           | 2022 г. |

В 2022-2024 гг. запланировано внедрение еще 2-х проектов

## В РОССИИ

- |   |   |
|---|---|
| 1 | ПРОВЕДЕНА ПРОЕКТНАЯ ПРОРАБОТКА ВНЕДРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ В ПАО «ОМСКИЙ КАУЧУК», 2021Г.<br>ПОДГОТОВЛЕНЫ ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ЗАМЕНЕ КАТАЛИЗАТОРОВ УОР НА УСТАНОВКАХ «БУТАМЕР» В АО «РНПК» И АО «АНХК» |
|---|---|

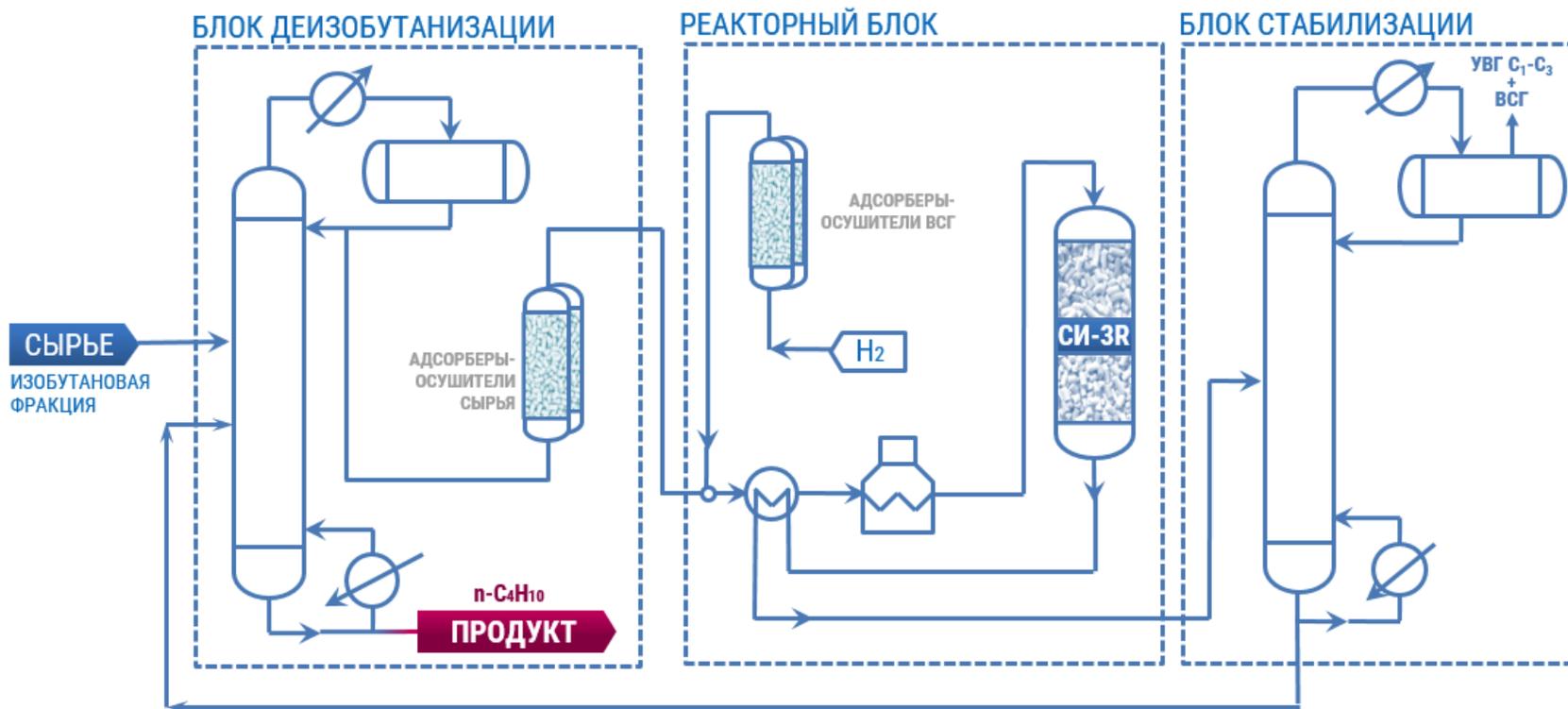




# ИЗОМАЛК-3R

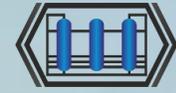
14

Технология обратной изомеризации и-бутана на катализаторе СИ-3R



- Высокая устойчивость к каталитическим ядам
- Не требуется подача реагентов
- Получаемый продукт не содержит хлор и другие примеси
- Срок службы катализатора - более 10 лет

**В 2023-2024 ГГ. ЗАПЛАНИРОВАНО ВНЕДРЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗОМАЛК-3R  
НА 2 ЗАВОДАХ: - НА БЛИЖНЕМ ВОСТОКЕ и В КИТАЕ**



**НПП НЕФТЕХИМ**

[WWW.NEFTHIM.RU](http://WWW.NEFTHIM.RU)  
[+7 \(861\) 203-20-20](tel:+78612032020)  
[info@nefthim.ru](mailto:info@nefthim.ru)

350007, Россия, г. Краснодар, ул. им. Захарова, 4