

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра нефтехимии и техногенной безопасности

**Модернизация установки изомеризации “ИЗОМАЛК – 2”
Саратовского НПЗ**

название темы выпускной квалификационной работы полужирным шрифтом

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 2 курса 252 группы

направления 18.04.01 «Химическая технология»

код и наименование направления, специальности

Института химии

Анненкова Ильи Сергеевича

Научный руководитель

д.х.н., профессор

должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

Р.И. Кузьмина

инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

д.х.н., профессор

должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

Р.И. Кузьмина

инициалы, фамилия

Саратов 2020 год

ВВЕДЕНИЕ

Во все времена развития нефтепереработки как науки, главной ее задачей было повышение глубины переработки нефти и улучшение эксплуатационных характеристик товарных продуктов.

Данную задачу невозможно решить без введения в устройство заводов установок вторичной переработки нефти, таких как риформинг, изомеризация, каталитический крекинг и гидрокрекинг. Именно за счет этих процессов увеличивается глубина переработки нефти не только количественно, но и качественно. Современные процессы риформинга, изомеризации и гидрокрекинга позволяют получать товарный продукт, не только соответствующий требованиям экологического законодательства РФ и стран всего мира, но и обладающий всеми необходимыми эксплуатационными характеристиками.

В частности, процессы каталитической изомеризации позволяют получать компоненты автомобильных бензинов, обладающих значением октанового числа до 92 пунктов, соответствующих стандарту экологической безопасности Евро 5.

Особую роль в развитии процессов каталитической изомеризации играет технология изомеризации пентан-гексановой фракции “ИЗОМАЛК - 2”.

По данным на 2019 год технология изомеризации “ИЗОМАЛК - 2” эксплуатируется на 15 промышленных установках в России, Китае, Украине, Индии. Кроме того, еще 12 установок находятся в стадии проектирования и строительства[1].

На установке изомеризации “ИЗОМАЛК - 2” существует ряд проблем, в частности нерациональность распределения свободных площадей на технологические аппараты и загроможденность технологических площадок, что приводит к увеличению металловложений на ремонт, увеличивает длительность ремонтных мероприятий и увеличивает нагрузку на обслуживающий персонал.

В связи с этим, разработка технологический решений по модернизации и оптимизации установки “ИЗОМАЛК - 2” является *актуальной задачей*.

Целью данной работы является разработка технологических решений по модернизации и увеличению эффективности установки изомеризации пентан-гексановой фракции “ИЗОМАЛК - 2” путем модернизации теплообменной аппаратуры блока стабилизации нестабильного изомеризата.

Научная новизна данной работы заключается в замене теплообменного оборудования блока стабилизации изомеризата, в частности в замене кожухотрубных теплообменников подогрева нестабильного изомеризата на пластинчатые теплообменники типа Компаблок, что позволит снизить металлоемкость блока, увеличить эффективность теплообмена и снизить капитальные затраты на обслуживание блока.

Магистерская работа Анненкова Ильи Сергеевича на тему «Модернизация установки изомеризации “ИЗОМАЛК – 2” Саратовского НПЗ» представлена на 51 странице и состоит из трех глав:

- 1- ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР
- 2- ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ
- 3- ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В *первой главе* магистерской работы осуществлен поиск литературных данных о процессе каталитической изомеризации.

Каталитическая изомеризация – процесс вторичный переработки нефти, необходимый для получения высокооктановых компонентов автомобильных бензинов. В качестве сырья используется фракция н.к.-62, а также рафинат каталитического риформинга. Данное сырье характеризуется высоким содержанием нормальных парафинов, преимущественно пентана и гексана, как следствие сырье обладает низким значением октанового числа

Однако, в последнее время сырьевую базу установок изомеризации расширяют с включением в процесс сырья, содержащего н-гептан.

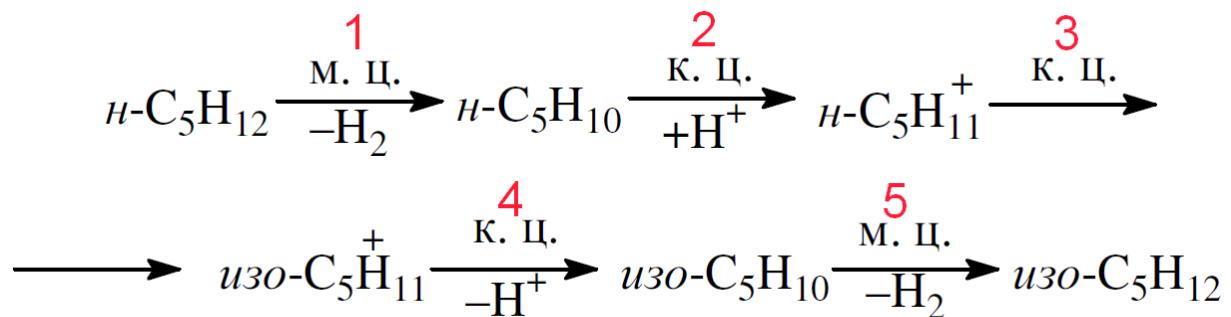
Компоненты автомобильных бензинов, получаемые на установках изомеризации, обладают высоким значением октанового числа и выполняют требования российского законодательства по экологической безопасности.

В *первой главе* представлены сведения о механизме реакции изомеризации, побочных реакциях, а также основные схемы организации процесса изомеризации.

Реакции изомеризации нормальных парафиновых углеводородов протекают с незначительным тепловым эффектом. Как следствие, равновесие реакций изомеризаций зависит только от температурного фактора ведения процесса. Причем повышение температуры способствует смещению равновесия в сторону слаборазветвленных парафинов, а понижение температуры увеличивает выход разветвленных изомеров, то есть дает изомеризат с высокой октановой характеристикой.

Однако, ведение процесса при низкой температуре снижает степень превращения сырья, что ведет к снижению выхода товарного продукта. Выходом из данного противоречия является применение катализаторов, обладающих особыми активностными характеристиками в сочетании с выбором оптимального для данного катализатора температурного режима процесса.

Все катализаторы изомеризации полифункциональны, то есть сочетают в себе кислотные и гидрирующие/дегидрирующие компоненты. Необходимость сочетания в катализаторе металлического и кислотного центра обусловлена тем, что процесс каталитической изомеризации происходит в несколько стадий, с образованием различных типов активных частиц, проявляющих реакционную способность на разных активных центрах катализатора. В частности, рассмотрим стадии процесса каталитической изомеризации на примере н-пентана:



Стадия 1) На металлическом центре катализатора происходит дегидрогенизация нормального алкана до нормального алкена;

Стадия 2) На кислотном центре катализатора алкен переходит в форму карбений-иона;

Стадия 3) На кислотном центре происходит перегруппировка карбений-иона;

Стадия 4) Образование изо-алкена на кислотном центре путем акцептирования протона от карбений-иона;

Стадия 5) На металлическом центре катализатора изо-алкен гидрируется до соответствующего изо-алкана.

Также помимо целевой реакции протекают следующие побочные реакции:

1) Гидрокрекинг, в результате чего изомеризат обогащается низкомолекулярными углеводородами, что дестабилизирует товарный продукт.

2) Коксообразование на катализаторе, которое связывает металлический центр катализатора, забивает его поры и как следствие снижает активность.

Часть сырья подвергается дегидрированию, что сильно понижает октановое число товарного изомеризата, так как алкены обладают низкими значениями октанового числа.

Схемы реализации процесса изомеризации:

1) Схема “за проход” – схема реализации процесса без рецикла сырья, позволяющая снизить затраты на процесс по причине низкой металлоемкости процесса (Рис. 1).

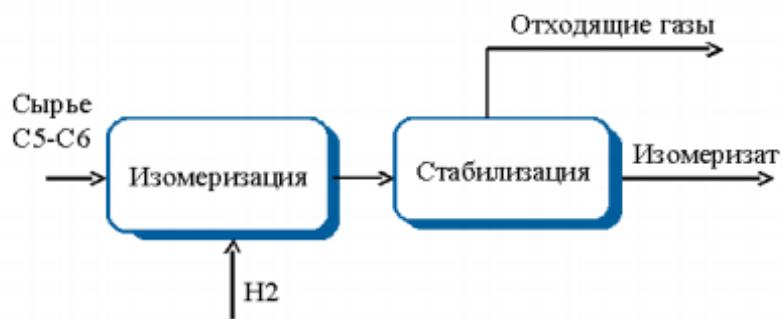


Рисунок 1 - Блок схема “за проход”

2) Схема, включающая колонну деизопентанизации (ДИП) – схема реализации процесса изомеризации (Рис. 2), в которой предусмотрено предварительное удаление изопентана из исходной сырьевой смеси, путем добавления колонны деизопентанизации, в результате чего решаются следующие задачи:

- увеличение выхода продукта;
- уменьшение нагрузки на реактор.

Использование данной схемы экономически выгодно и целесообразно, при содержании изопентанов в сырье выше 13%масс.

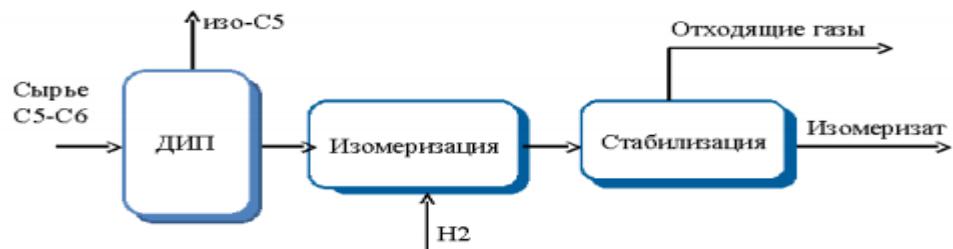


Рисунок 2 - Блок схема процесса с ДИП

3) Схема с рециклом нормальных гексанов и метилпентана. В схему реализации процесса включается колонна деизогексанизации (ДИГ), которую устанавливают после реакторного блока (Рис. 3). В колонне ДИГ происходит отделение низкооктановых компонентов, в частности н-гексана и метилпентана, что увеличивает степень конверсии гексана. Возможна модернизация процесса с включение колонны ДИП.

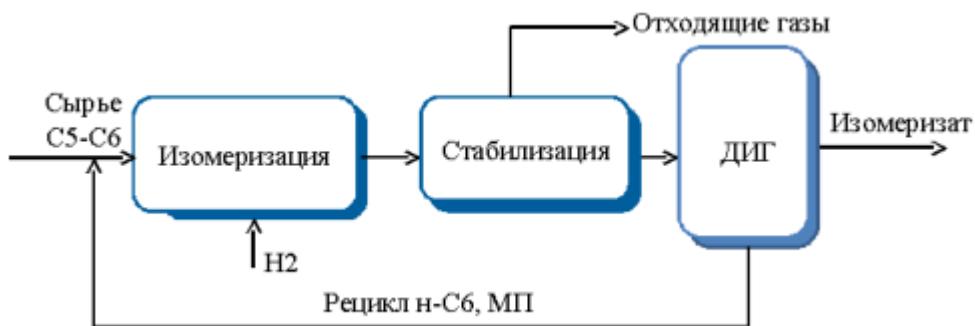


Рисунок 3 - Схема процесса с ДИГ

4) Схема, включающая в себя колонну депентанизации (ДП) изомеризата. В данную схему включают колонну ДИП перед реакторным блоком и колонну ДП после него, что позволяет увеличить октановое число полученного компонента автобензина и увеличить степень конверсии н-пентана.

5) Схемы с рециклом н-пентана и н-гексана. В данную схему включают колонны ДИП, ДИГ и ДП. В данном случае происходит полный рецикл неразветвленных углеводородов в соответствующие изомеры.

Во схемах с ДП и ДИГ используют соответствующие ректификационные колонны, необходимые для отделения низкооктановых компонентов и возврата их в цикл. При таком варианте оформления процесса увеличивается степень превращения н-пентанов и н-гексанов, что положительно сказывается на качестве итогового изомеризата.

Во второй главе работы представлено описание технологической схемы и произведены расчеты (тепловой и гидравлический) для теплообменника типа Компаблок.

По результатам расчетов был выбран теплообменник типа Компаблок со следующими характеристиками: площадь теплообмена $F=450 \text{ м}^2$, число пластин $n=400$ шт., площадь канала $f_k=1,8 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$.

В третьей главе произведен расчет экономической эффективности и срока окупаемости проекта.

Относительным показателем экономической эффективности является рентабельность. Рентабельность комплексно отражает степень эффективности использования материальных, трудовых и денежных ресурсов, а также природных богатств. Коэффициент рентабельности рассчитывается как отношение прибыли к активам, ресурсам или потокам, её формирующем.

E – эффективность

$$E = \frac{\mathcal{E}}{\sum K}; \text{ где } \mathcal{E} \text{ – эффект (прибыль)}$$

$\sum K$ – капитальные затраты

$$E = \frac{419823}{500000} = 0.84$$

Так как коэффициент эффективности превышает 0,15, то проект является эффективным.

Срок окупаемости проекта:

$$\frac{1650000}{419823} = 3.9 \text{ лет}$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы было проделано следующее:

1. Разработан проект модернизации установки изомеризации пентан-гексановой фракции “ИЗОМАЛК - 2” с заменой теплообменного оборудования блока стабилизации изомеризата.
2. Произведен расчет теплообменника типа компаблок. Основные параметры теплообменника $F = 450\text{м}^2$; число пластин $n=400$; площадь сечения канала $f_k=1.8*10^{-3} \text{ м}^2$.
3. Рассчитан срок окупаемости проекта, который составляет 3,9 года при общей сумме капиталовложений 1650000 рублей.
4. По результатам работы опубликовано 3 статьи в сборниках научных трудов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Изомалк – 2. Технология изомеризации пентан-гексановой фракции [Электронный ресурс] / текст доступен по лицензии НПП “Нефтехим” // URL: <https://nefthim.ru/razrabortki/tehnologii-izomerizatsii/> (дата обращения 04.05.2020). Загл. с экрана.
2. Смоликов, М.Д., Шкуренок, В.А., Яблокова, С.С., Кирьянов, Д.И., Белопухов, Е.А., Зайковский, В.И., Белый, А.С. Изомеризация н-гептана на катализаторах Pt/MOR/Al₂O₃. / М.Д. Смоликов, В.А. Шкуренок, С.С. Яблокова, Д.И. Кирьянов, Е.А. Белопухов, В.И. Зайковский, А.С. Белый // Катализ в промышленности - 2014. - №2. - С.51-58.
3. Ахметов, С. А. Технология глубокой переработки нефти и газа: учеб. пособие для вузов / С. А. Ахметов. - Уфа: Гилем, 2002. - 676 с.
4. Рябов, В.Д. Химия нефти и газа / В.Д. Рябов. - М: Техника, 2004.- 288 с.
5. Проскуряков, В.А. Химия нефти и газа: учеб. пособие для вузов / А.И Богомолов, А.А. Гайле, В.В. Громова и др; под ред. В.А. Проскурякова, А.Е. Драбкина. - Санкт-Петербург: Химия, 1995. - 448 с.
6. Мановян, А.К. Технология переработки природных энергоносителей. / А.К. Мановян. - М.: Химия, 2004. - 456с.
7. Ахметов, С.А., Ишмияров, М.Х., Веревкин, А.П., Докучаев, Е.С., Малышева, Ю.М., Технология, экономика и автоматизация процессов переработки нефти и газа: Учеб. Пособие / С.А. Ахметов и др.; под ред. С.А. Ахметова. - М.: Химия, 2005. - 736с.
8. Магарил, Р.З. Теоретические основы химических процессов переработки нефти: Учебное пособие для вузов. / Р.З. Магарил. - Л.:Химия, 1985. - 280 с.
9. Бурсиан, Н.Р. Технология изомеризации парафиновых углеводородов. / Н.Р. Бурсиан. - Л.: Химия, 1985 - 19с.

10. Буй Чонг Хан, Нгуен Ван Ты, Ахметов, А.Ф. Сравнительный анализ различных схем изомеризации пентан-гексановой фракции / Буй Чонг Хан, Нгуен Ван Ты, А.Ф. Ахметов // Нефтепереработка и нефтехимия. - 2008. - № 2. - С. 22-25.

11. Бруно Домерг, Лоран Ватрипон. Передовые решения для процессов изомеризации парафинов / Б. Домерг, Л. Ватрипон // Нефтепереработка и нефтехимия. - 2003. - № 7. - С. 3-9.

12. Бруно Домерг, Лоран Ватрипон. Дальнейшее развитие технологии изомеризации парафинов // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2001. - № 4. - С. 15-27.

13. ТУ 2177-009-04706192-00 “Носитель катализатора изомеризации легких бензиновых фракций СИ-2.” - №7. – Нижний Новгород, 2009. – ООО НПП “Нефтехим”.

14. ТУ 2177-010-04706192-09 - изм. №8. - Нижний Новгород, 2009. ООО НПП “Нефтехим”.

15. ТР 05766646-05-2013 “Технический регламент комплекса изомеризации пентан-гексановой фракции”. – Редакция №1. – Саратов, 2013 - СарНПЗ.

16. Шакун, А.Н., Демидова, Е.В. Российская технология изомеризации «Изомалк-2» – лучшее технологическое решение для производства автобензинов Евро-4 и Евро-5. /А.Н. Шакун, Е.В. Демидова // Нефть. Газ. Новации. - 2010. - №9. - С.44-46.

17. Строкин, А.В., Черкасова, Е.И. Основные тенденции процесса изомеризации. / А.В. Строкин, Е.И. Черкасова // Казань: Вестник Казанского университета, 2014г. - №8. - 406с.

18. G. Valavarasu, B. Sairam. Light Naphtha. Isomerization Process: A Review / G. Valavarasu, B. Sairam // Petroleum Science and Technology. – 2013. - Publisher: Taylor & Francis. - № 2. - P.12-13.

19. Закарина Н.А., Волкова Л.Д., Аутанов А.М., Карнаухова Н.А. Изомеризация н-гексана на никельсодержащих цеолитных катализаторах. /

Н.А. Закарина, Л.Д. Волкова, А.М. Аутанов, Н.А. Карнаухова // Нефтехимия. - 2009. - № 2. - С. 76.

20. Эрих В.Н., Расина М.Г. Химия и технология нефти и газа. / В.Н. Эрих, М.Г. Расина. - Л.: Химия, 1977 – 416 с.

21. Мириманян А.А., Вихман А.Г., Боруцкий П.Н. О повышении качества изокомпонентов для производства перспективных автобензинов. / А.А. Мириманян, А.Г. Вихман, П.Н. Боруцкий // Нефтепереработка и нефтехимия. - 2007. - № 7. - С. 5-14.

22. Боруцкий П.Н., Козлова Е.Г., Подклетнова Н.М., Гильченок Н.Д., Соколов Б.Г., Зуев В.А., Шатовкин А.А. Алкилирование бензола на гетерогенных катализаторах / П.Н. Боруцкий, Е.Г. Козлова, Н.М. Подклетнова, Н.Д. Гильченок, Б.Г. Соколов, В.А. Зуев, А.А. Шатовкин // Нефтехимия. - 2007. - № 4. - С. 276-288.

23. Ежов В.В., Мелёхин В.В., Камалов К.Г., Муращенко М.Г., Дегтярев С.Г., Боруцкий П.Н., Марышев В.Б. Интенсификация установки низкотемпературной измеризации легкой бензиновой фракции ОАО «НК «РОСНЕФТЬ» - Комсомольский НПЗ» / В.В. Ежов, В.В. Мелехин, К.Г. Камалов, М.Г. Муращенко, С.Г. Дегтярев, П.Н. Боруцкий, В.Б. Марышев// Нефтяное хозяйство. - 2006. - № 9. - С. 12-15.

24. Боруцкий П.Н., Козлова Е.Г., Красий Б.В., Москвин А.А., Пукшанский Л.И. Каталитические процессы и катализаторы. / П.Н. Боруцкий, Е.Г. Козлов, Б. В. Красий, А.А. Москвин, Л.И, Пукшанский // Межвузовский сборник научных трудов. - СПб. - 2006. - С. 89-97.

25. Теплообменник «Компаблок». Инструкция по эксплуатации. [Электронный ресурс] / Текст доступен по лицензии ООО “Альфа Лаваль” // URL: <https://www.alfalaval.ru/globalassets/documents/local/russia/service-and-support/pps00103ru--compabloc.pdf> (Дата обращения 01.04.2020.). Загл. с экрана.

26. Сорокин И.И., Боруцкий П.Н., Вихман А.Г., Мириманян А.А., Яковлев А.А. Комбинированная установка для производства автотоплив

перспективного качества на малых НПЗ / И.И. Сорокин, П.Н. Боруцкий, А.Г. Вихман, А.А. Мирамян, А.А. Яковлев // Нефтепереработка и нефтехимия. - 2007. - № 11. - С. 5-8.

27. ТР 05766646-05-2013 “Технический регламент комплекса изомеризации пентан-гексановой фракции”. – Редакция №1. – Саратов, 2013 - СарНПЗ.

28. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. / Н.Б. Варгафтик // М.: Наука, 1972. – 716 с.

29. Фарамазов С.А. Оборудование нефтегазоперерабатывающих заводов. / С.А. Фармазов // М.: Химия, 1984. – 302 с.

30. Трушкова Л.В. Расчеты по химии и технологии нефти и газа: учебное пособие / Л.В. Трушкова; под ред. Р.З. Магарила. // Тюмень: ТюмГНГУ, 2001.-76 с.

31. Танатаров М.А., Ахметшина М.Н., Фасхутдинов Р.А. Технологические расчеты установок переработки нефти: Учеб. пособие для вузов. /М.А. Танатаров, М.Н. Ахметшина, Р.А. Фасхутдинов // М.: Химия, 1987. - 352 с

32. Рабинович Г.Г., Рябых П.М., Хохряков П.А. Расчеты основных процессов и аппаратов нефтепереработки: Справочник. / Г.Г. Рабинович, П.М. Рябых, П.А. Хохряков; под ред. Е.Н. Судакова. // М.: Химия, 1979. - 568 с.

33. Туболкин А.Ф., Тумаркина Е.С., Тарат Э.Я. Расчеты химико-технологических процессов: Учебное пособие для вузов – 2-е изд., перераб. и доп. / А.Ф. Туболкин, Е.С. Тумаркина, Э.Я. Тарат; под ред. И.П.Мухленова. // Л.: Химия,1982. - 248 с.

34. Романков П.Г., Курочкина М.И., Мозжерии Ю.Я. Процессы и аппараты химической промышленности. / П.Г, Романков, М.И. Курочкина, Ю.Я. Мизжерии // Л.: Химия, 1989. – 560 с.

35. Сафонов Н.А. Экономика предприятия. / Н.А. Сафонов // М.: Юрист, 2005. - 584 с.

36. Тарифы на электроэнергию в Саратове и Саратовской области.
[Электронный ресурс] / Текст доступен по лицензии ООО “СПГЭС” // URL:
<http://www.spges.ru/naseleniyu/tarify> (Дата обращения 18.05.2020.). Загл. с экрана.

37. Романенко И.В. Экономика предприятия. / И.В. Романенко // М.: Финансы и статистика, 2001. - 219 с.