

Министерство образования и науки Российской Федерации

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра нефтехимии и техногенной безопасности

**Влияние состава сырья и технологических параметров на процесс
«Изомалк-2»**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студента (ки) 2 курса 252 группы

направления 18.04.01 «Химическая технология»
код и наименование направления, специальности

Института химии
наименование факультета, института

Покоева Глеба Александровича

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 2017 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.....	5
1.1 Назначение установки изомеризации	5
1.2 Построение математической модели материальных потоков технологической установки	6
1.3 Методика расчета оценки экономических показателей установки	6
1.4 Оценка влияния состава сырья на выработку установки.....	9
1.5 Методика расчета октанового числа	10
1.6 Анализ сырья, расчет материального баланса при переработке НК-80.....	10
ВЫВОДЫ	11
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	12

ВВЕДЕНИЕ

Начав внедрение новых стандартов топлива значительно позже Европы, наша страна смогла за несколько лет проделать путь, на который у государств ЕС ушли десятилетия. В эксплуатацию введены десятки новых установок по облагораживанию бензина [1].

Изомеризация легких бензиновых фракций, которая в последние годы становится по существу стратегическим бензиновым процессом, обеспечивает октановые характеристики суммарного бензинового фонда [2,3].

Целевым назначением процессов каталитической изомеризации в современной нефтепереработке является получение высокооктановых изокомпонентов автобензинов.

Цель работы: Определить оптимальные параметры вовлекаемой в процесс фракции при производстве высокооктанового компонента бензинов на установке изомеризации по технологии «Изомалк-2» без потери экономической эффективности.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи:

- Составить схему материальных потоков установки изомеризации производительностью 300 тыс. тонн/год с пентановым и гексановым рециклами в программной среде HYSYS;

- Произвести расчеты материальных потоков установки изомеризации пентан-гексановой фракции по технологии «Изомалк-2» с помощью программы HYSYS;

- Установить закономерности изменения выработки товарного изомеризата от качества перерабатываемого сырья;

- Произвести расчет и оценку экономических показателей работы установки при вовлечении более широкой фракции в процесс переработки, основываясь на расчете упущенной возможной выгоды.

- Определить оптимальные значения широкой фракции, вовлекаемой в переработку без потери экономической эффективности технологической установки.

Научная новизна

Рассмотрено воздействие состава перерабатываемого сырья на выработку и октановое число товарной продукции.

Определен состав сырья и выявлены узкие места на установке с использованием современной математической системы моделирования технологического процесса.

Произведена экономическая оценка объекта на основе расчета упущенной возможной выгоды.

Произведен расчет переработки НК-80 более тяжелого сырья без потери экономической эффективности.

Практическая ценность работы

Разработан способ определения оптимального состава вовлекаемого сырья в процесс «Изомалк-2» пагубно влияющего на выработку товарной продукции в пересчете на перерабатываемое сырье и повышающее октановое число.

Установлен минимальный и максимальный порог снижения выработки, максимальное октановое число товарной продукции, не приводящее к снижению экономических показателей установки из-за упущенной возможной выгоды.

Определено оптимальное соотношение выработки 93,89% к октановому числу 92 пункта товарной продукции, при которых не произойдет снижение экономических показателей установки из-за упущенной возможной выгоды

Объем и структура работы

Автореферат магистерской работа состоит из введения, основное содержание работы, вывода, списка используемых источников из 20 наименований, изложена на 64 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1.1 Назначение установки изомеризации

Установка изомеризации входит в состав комплекса изомеризации и предназначена для переработки пентан-гексановой фракции в высокооктановый компонент товарного бензина по технологии низкотемпературной изомеризации «Изомалк-2». Лицензиаром технологии изомеризации «Изомалк-2» является ОАО «НПП Нефтехим», Россия [5].

Процесс «Изомалк-2» предусматривает низкотемпературную каталитическую изомеризацию пентанов, гексанов и их смеси. Реакции углеводородов протекают в среде водорода в слое неподвижного катализатора, с циркуляцией водородсодержащего газа. Технологией предусмотрено извлечение из сырья изомеризации изопентана, рецикл н-пентана и н-гексанов [5].

В процессе используется высокоактивный сильнокислотный платиновый катализатор СИ-2, позволяющий снизить температуру реакции до 130-170°C и максимизировать конверсию н-парафинов и селективность по изопентану и диметилбутанам. Благодаря низким температурам в реакторах реакции крекинга и отложение кокса минимальны [5].

Проектная производительность установки по свежему сырью 300 тыс. т/год.

Продолжительность межремонтного пробега - 3 года [5].

Оборудование установки обеспечивает устойчивую работу установки в диапазоне 70 – 120% от номинальной мощности.

Установка изомеризации пентан-гексановой фракции состоит из двух секций[5]:

- Секция 100 – гидроочистка;
- Секция 200 – изомеризация.

Секция 100 состоит из следующих блоков и узлов:

- блок гидроочистки;
- блок отпарной колонны;

- узел подачи воды;
- узел подачи сульфидирующего агента.

Секция 200 состоит из следующих блоков и узлов:

- блок деизопентанизации;
- реакторный блок изомеризации;
- блок осушителей ВСГ;
- блок стабилизационной колонны;
- блок депентанизатора;
- блок деизогексанизатора;

1.2 Построение математической модели материальных потоков технологической установки

Целью построения математической модели технологической установки является определение углеводородного состава потоков на установке для их последующего анализа и расчета материального баланса установки.

Для определения процентного состава потоков математическая модель построена в программной среде HYSYS. Проектная загрузка 52 м³/час (33,8 т/час).

За основу при построении данной модели взяты характеристики технологического процесса и оборудования в полном соответствии с характеристиками оборудования, применяемого на установке изомеризации по технологии Изомалк-2 с производительностью 300 тыс. тонн/год.

1.3 Методика расчета оценки экономических показателей установки

Лицензиаром рассматриваемой в данной работе установки изомеризации пентан-гексановой фракции по технологии «Изомалк-2» является ОАО «НПП Нефтехим». В процессе используется высокоактивный сильнокислотный платиновый катализатор СИ-2.

Производительность установки при расчетах взята из технологического регламента и составляет 34 246 кг/час, годовая - 300 тыс. тонн/год. Расчетная

производительность установки по свежему сырью принята с учетом 8 760 часов непрерывной работы в год.

Продолжительность межрегенерационного пробега в соответствии с описанием лицензиара составляет 3 года. Оборудование установки обеспечивает её устойчивую работу в диапазоне 70-120% от номинальной мощности.

Основными гарантированными показателями работы катализатора являются выход стабильного изомеризата 94,89% от сырья реакторного блока, октановое число изомеризата 91 пункт по исследовательскому методу.

В данной главе произведены расчеты экономических показателей при снижении выхода стабильного изомеризата с 94,89% до 93,89% от сырья реакторного блока, а также октанового числа с 91 до 90 пунктов по исследовательскому методу и повышении октанового числа с 91 до 92 пунктов.

Расчет выполнен в виде возможной упущенной выгоды в результате недовыработки стабильного изомеризата и октанотонн по сравнению с гарантированными показателями работы установки.

Расчетное количество стабильного изомеризата определено по формуле:

$$F \times \tau = m_p \quad (1)$$

где,

F - гарантированный расход сырья на реакторный блок, тонн/час;

τ – количество часов работы установки в сутки без учета простоя в аварийных ситуациях и при инцидентах, час;

m_p – расчетное значение выработки стабильного изомеризата, тонн.

Количество недовыработанного стабильного изомеризата:

$$m_p - m_\phi = n \quad (2)$$

где,

m_p – расчетное значение выработки стабильного изомеризата, тонн;

m_ϕ – фактическое значение выработки стабильного изомеризата, тонн;

n - количество недовыработанного стабильного изомеризата, тонн.

Упущенная выгода в результате потери октанового числа в сравнении с гарантированными показателями работы катализатора:

Расчет фактически выработанных октанотонн:

$$m_{\text{ф(мес)}} \times \text{ИОЧ}_{\text{ф}} = V_{\text{ф(от)}} \quad (3)$$

где,

$m_{\text{ф(мес)}}$ - фактическое значение выработки стабильного изомеризата, тонн/месяц;

$\text{ИОЧ}_{\text{ф}}$ - фактическое октановое число по исследовательскому методу;

$V_{\text{ф(от)}}$ – фактическая выработка октанотонн.

Расчет гарантированных октанотонн:

$$m_{\text{ф(мес)}} \times \text{ИОЧ}_{\text{г}} = N_{\text{(от)}} \quad (4)$$

где,

$m_{\text{ф(мес)}}$ - фактическое значение выработки стабильного изомеризата, тонн/месяц;

$\text{ИОЧ}_{\text{г}}$ - гарантированное октановое число по исследовательскому методу.

Количество МТБЭ необходимое для достижения гарантированного октанового пула:

$$\text{ИОЧ}_{\text{г}} - \text{ИОЧ}_{\text{ф}} / \text{ИОЧ}_{\text{МТБЭ}} = N_{\text{МТБЭ}} \quad (5)$$

где,

$\text{ИОЧ}_{\text{г}}$ - гарантированное октановое число по исследовательскому методу;

$\text{ИОЧ}_{\text{ф}}$ - фактическое октановое число по исследовательскому методу;

$\text{ИОЧ}_{\text{МТБЭ}}$ - октановое число по исследовательскому методу МТБЭ (116 пунктов);

$N_{\text{МТБЭ}}$ - количество МТБЭ для достижения гарантированного октанового пула.

Расчет упущенной выгоды в результате потери октанового числа:

$$N_{\text{МТБЭ}} \times C_{\text{МТБЭ}} = \text{УВВ} \quad (6)$$

где,

$N_{\text{MTБЭ}}$ - количество МТБЭ;

$C_{\text{MTБЭ}}$ - стоимость МТБЭ;

УВВ – упущенная возможная выгода.

При расчетах стоимость реализации бензина марки АИ-92 принята за 25 977 руб./тонн, стоимость МТБЭ принята 40 831 руб./тонн.

1.4 Оценка влияния состава сырья на выработку установки

Исходя из проведенных расчетов в математической модели HYSYS выявлено, что основным показателем, приводящим к снижению отбора на установке является содержание C_{7+} .

При попадании в реактора изомеризации Р-201/1,2 на катализатор СИ-2, обеспечивающего протекание процесса в термодинамически выгодной для изомеризации парафиновых углеводородов низкотемпературной области 120-180°C, происходит разрыв связи C_{7+} на C_3 и C_4 .

После прохождения реакторов изомеризации остаток углеводородов C_{7+} в процентном соотношении составляет 50% от их изначального количества на входе в реактора изомеризации Р-201/1,2.

Углеводороды C_{7+} , у которых не произошло разрыва цепи, балластом выводятся с куба колонны К-204 тяжелым изомеризатом.

При увеличении давления в реакторах изомеризации свыше 3,2 МПа происходит увеличение реакции газообразования, что приводит к увеличению разрыва C_{7+} .

При увеличении газообразования отдув от легких углеводородов C_4 на колонне стабилизации К-202 происходит не полностью.

Вследствие попадания в товарный продукт углеводородов C_4 происходит увеличение октанового числа товарного компонента.

1.5 Методика расчета октанового числа

Для расчета октанового числа использованы расчеты, учитывающие покомпонентный углеводородный состав и октановое число каждого из компонентов.

При расчете детонационной стойкости изопентановой фракции, легкого и тяжелого изомеризата принято, что фракции состоят из определенных компонентов с определённым октановым числом.

Общая формула будет иметь вид:

$$\text{ИОЧ} = x_1(\text{ИОЧ})_1 + x_2(\text{ИОЧ})_2 + x_y(\text{ИОЧ})_y; \quad (7)$$

где,

x_1, x_2, x_y – объемная доля компонента в смеси;

ИОЧ – октановое число общей смеси;

$\text{ИОЧ}_{1,2,y}$ – октановое число компонента в смеси.

1.6 Анализ сырья, расчет материального баланса при переработке НК-80

Для расчета материального баланса установки изомеризации при выработке товарной продукции 93,89% в пересчете на перерабатываемое сырье и октановое число стабильного изомеризата 92 пункта были проведены анализы возможного сырья.

В математическую систему моделирования в программной среде HYSYS были загружены данные с различным составом сырья фракций от НК-62 до НК-82.

Установлено, что фракция НК-80 подходит для обеспечения выше описанных характеристик выработки и октанового числа товарной продукции.

ВЫВОДЫ

1. В магистерской работе проведено исследование влияния состава сырья и параметров процесса на снижение выработки до 281,7 тыс. тонн/год 93,89 % в пересчете на перерабатываемое сырье и увеличение октанового числа с 91 до 92 пунктов.

2. При помощи современной системы математического моделирования в программной среде HYSYS произведено построение технологической схемы установки «Изомалк-2».

3. Составлены и сведены материальные балансы при работе установки на фракциях от НК-62 до НК-82. В результате подбора сырья определен оптимальный конец кипения перерабатываемой фракции, который составляет - 80⁰С.

4. Определено оптимальное соотношение выработки 93,89% к октановому числу 92 пункта товарной продукции, при котором не произойдет снижение экономических показателей установки.

5. Разработан и применен подход к оценке упущенной возможной выгоды при выработке товарной продукции, с заданным октановым числом.

6. Полученные результаты опубликованы в виде статьи Покоев Г.А., Кузьмина Р.И. Особенности составления баланса топливной схемы установки изомеризации пентан-гексановой фракции нефти / Современные проблемы теоретической и экспериментальной химии: Межвуз. сборник науч. трудов XI Всерос. конф. молодых ученых с международ. участием. Саратов: Изд-во «Саратовский источник». 2016.- С. 128-133 и направлена статья Покоев Г.А., Кузьмина Р.И., Ливенцев В.Т. Источники образования потерь, влияющие на эффективность работы установки Изомалк-2 в журнал Бутлеровские сообщения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Андрианов В.Д. Под знаком Евро-5//Нефтегазовая вертикаль №1. 2017. С. 2-7.
2. Мириманян А.А., Вихман А.Г., Макарычев А.Л. Промышленный опыт работы установок изомеризации пентан-гексановой фракции //Нефтепереработка и нефтехимия. 2006. №4. С. 22-31.
3. Кузьмина Р.И., Фролов М.П., Ливенцев В.Т. Изомеризация – процесс получения экологически чистых бензинов. Саратов: Изд-во Саратов. Ун-та. 2008.-72 с.
4. Шакун А.Н., Федорова М.Л. Инструкции лицензиара по эксплуатации установки изомеризации легкой бензиновой фракции, ОАО «Саратовский НПЗ», г. Краснодар, 2012. 107 с.
5. Смирнов В.Н. Технологический регламент установки Изомеризации пентан-гексановой фракции, редакция 1/ ЗАО «Нефтехимпроект»: индекс регламента ТР-05766646-05-2012, 2012. 485 с.
6. Рудин М.Г. Справочник нефтепереработчика – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2004. 336 с.
7. Шакун А.Н., Фёдорова М.Л. Эффективность различных типов катализаторов и технологий изомеризации легких бензиновых фракций //Катализ в промышленности. 2014. №5. С. 29-37.
8. Пат. 2176233 Российская федерация Способ изомеризации легких парафиновых углеводородов C_4-C_6 / А.Н Шакун, М.Л. Фёдорова. Заявка № 2000114606/04 от 08.06.2000. Оpubл. 27.11.2001. Бюл.
9. Пат. 2171827 Российская федерация Способ изомеризации легких парафиновых углеводородов C_4-C_6 / А.Н Шакун, М.Л. Фёдорова. Заявка № 2000129215/04 от 23.11.2000. Оpubл. 10.08.2001. Бюл.
10. Пат. 2321575 Российская федерация Способ изомеризации легких бензиновых фракций / А.Н Шакун, М.Л. Фёдорова. Заявка № 2006128932/04 от 19.06.2006. Оpubл. 10.04.2008. Бюл. №10.

11. Пат. 2408659 Российская федерация Способ изомеризации легких бензиновых фракций, содержащих C_7 - C_8 парафиновые углеводороды / А.Н Шакун, М.Л. Фёдорова. Заявка № 2009127923/04 от 20.07.2009. Оpubл. 10.01.2011. Бюл. №1.

12. Пат. 2196124 Российская федерация Способ изомеризации легких парафиновых углеводородов C_4 - C_6 / А.Н Шакун, М.Л. Фёдорова. Заявка № 2002101520/04 от 24.01.2002. Оpubл. 10.01.2003. Бюл.

13. Пат. 2171713 Российская федерация Катализатор для изомеризации легких парафиновых углеводородов C_4 - C_6 / А.Н Шакун, М.Л. Фёдорова. Заявка № 2000129216/04 от 23.11.2000. Оpubл. 10.08.2001. Бюл.

14. Пат. 2470000 Российская федерация Способ изомеризации парафиновых углеводородов C_4 - C_7 / А.Н Шакун, М.Л. Фёдорова. Заявка № 2012122289/04 от 29.05.2012. Оpubл. 20.12.2012. Бюл. №35.

15. Лисицын Н.В., Викторов В.К., Кузичкин Н.В., Федоров В.И. Химико-технологические системы: оптимизация и ресурсосбережение. СПб.: Менделеев, 2013. 392 с.

16. Магарил Е.Р., Магарил Р.З. Моторные топлива, Тюмень 2004. 96 с.

17. HYSYS. Версия. 2004.2. Справочные примеры, Aspentech 2004. 31 с.

18. HYSYS. Process. Версия 2.4. Справочные примеры, Huprotech 2004. 276 с.

19. HYSYS. Версия 2004.2. Модульные операции, Aspentech 2004. 738 с.

20. HYSYS. Версия 2004.2. Базис, Aspentech 2004. 275 с.