

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра нефтехимии и техногенной безопасности

Получение высокооктанового бензина из фракции 35-180 °С процессом
метаформинга

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студента 2 курса 252 группы

направления 18.04.01 «Химическая технология»

код и наименование направления, специальности

Института химии

Макунина Александр Андреевича

Научный руководитель

доцент, к.х.н., доцент

должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

С. Б. Ромаденкина

инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

д.х.н., профессор

должность, уч. ст., уч. зв.

подпись, дата

Р.И. Кузьмина

инициалы, фамилия

Саратов 2022 год

ВВЕДЕНИЕ. Глобальное стремление к улучшению экологической ситуации в мире требует постоянной корректировки, оптимизации и совершенствования процессов нефтепереработки для производства автомобильных топлив и других нефтепродуктов. В то же время нефтепереработчикам необходимо максимально использовать свои ресурсы, чтобы поддерживать конкурентоспособность в условиях бизнеса, так как постоянно происходит ужесточение требований ЕВРО-стандартов для производства товарных бензинов [1-2].

Сегодня мировое потребление бензина достигло почти 980 миллионов тонн в год, и все больше внимания уделяется качеству нефтепродуктов. Таким образом, необходимо искать пути улучшения эксплуатационных свойств, но прежде всего экологических свойств бензина. Бензин состоит из более чем 200 отдельных компонентов, а его производство представляет собой сложную многоступенчатую технологию, которая включает в себя множество процессов, начиная от простой перегонки до сложных каталитических процессов, таких как риформинг, изомеризация и алкилирование [3-5].

В работе предложен альтернативный способ получения высокооктанового бензина с помощью процесса метаформинг на нефтеперерабатывающем заводе мощностью 7 млн. т нефти в год. При производстве высокооктановых бензинов с помощью риформинга, изомеризации и алкилирования необходимо проводить предварительную гидроочистку сырья для удаления серосодержащих соединений, а метаформинг позволяет преобразовать поток низкооктановой нефти с метанолом в смесь высокооктанового бензина. То есть предварительная гидроочистка сырья обычно не требуется и сам процесс является одностадийным. Кроме того, непредельные углеводороды, такие как олефины и диены, не оказывают пагубного влияния на срок службы или активность катализатора. Так же метаформинг позволяет перерабатывать фракции с более широким диапазоном углеводородов в отличие от названных выше процессов.

Основной целью данной работы является расчет технологических параметров процесса метаформинг для получения высокооктанового бензина из фракции 35-180 °С.

Магистерская работа Макунина Александра Андреевича на тему «Получение высокооктанового бензина из фракции 35-180 °С процессом метаформинга» представлена на 63 страницах и состоит из двух 2 глав:

- 1 – Литературный обзор;
- 2 – Расчётная часть.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ. В первой главе «Литературный обзор» магистерской работы осуществлен поиск литературных данных о производстве высокооктанового бензина с помощью процессов риформинга, изомеризации, алкилирования и метаформинга. Подробно рассмотрен процесс метаформирования легкой нефти.

Метаформинг – это процесс, который позволяет преобразовать широкий спектр потоков низкооктановой нефти с метанолом в смесь высокооктанового бензина. В результате процесса получается низкое содержание бензола и серы в получаемом продукте. Метаформинг позволяет перерабатывать сырье, содержащее до 1000 ppm серы, и удаляет до 90% серы без потребности в водороде [6].

Сырьем является легкая нефть, выкипающая в интервале температур 35-180 °С. Нефть из разных источников сильно различается по углеводородному составу и, следовательно, в простоте конверсии при изомеризации или риформинге, а также в метаформинге. Состав смеси итогового продукта и легкость преобразования зависят от смеси парафинов, олефинов, нафтенов и ароматических углеводородов в исходном сырье. Метаформирование преобразует большую часть нормальных парафинов, нафтенов и олефинов при сохранении большей части изопарафинов. Получаемый продукт богат

ароматическими соединениями (до 30-45% в зависимости от параметров процесса) и содержит с двойным разветвлением изопарафины [7].

Для нефтеперерабатывающих предприятий с широким диапазоном потоков низкооктановой нефти, метаформинг обеспечивает эффективное и выгодное альтернативное решение с минимальной подготовкой сырья и умеренными капитальными и эксплуатационными затратами для достижения выхода высокооктановых продуктов. Кроме того, процесс может быть легко реализован путем модернизации неработающего гидроочистителя или полурегенеративного преобразователя в метаформер [8].

Схема процесса представлена на рисунке 1 и состоит из реактора метаформинга и колонны стабилизации продукта. Параметры метаформирования нефти следующие: температура на входе в реактор 350-390 °С, давление 3-10 атм и объемная скорость подачи сырья 0,7-1,5 ч⁻¹. Процесс метаформирования основан на обширных исследованиях и разработках в области катализа и проектирования процессов.

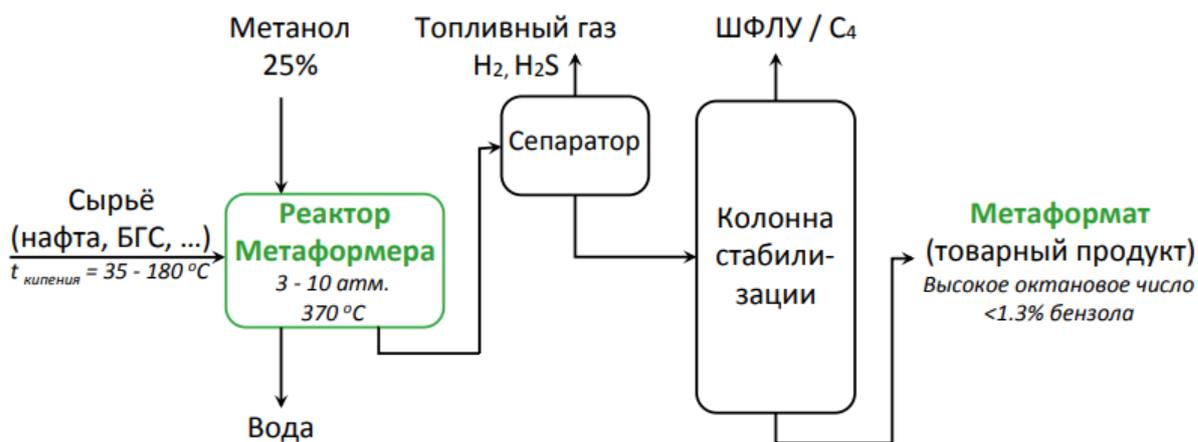


Рисунок 1 – Принципиальная схема процесса метаформинга

Реактор метаформинга представляет собой многоступенчатый адиабатический реактор с неподвижным слоем с впрыском метанола между каждым слоем катализатора. В верхней части в каждом слое реактора протекают преимущественно экзотермические реакции, в основном дегидратация метанола. В нижней части каждого слоя происходят эндотермические реакции. Общий тепловой эффект незначительно эндотермический или экзотермический в зависимости от отношения метанола к нефти [9].

Реакция дегидратации, которая является экзотермической, протекает быстрее, чем эндотермическая реакция нафтенов реакция дегидрирования. Это приводит к раннему повышению температуры в каждом слое катализатора. Метанол вводят на нескольких ступенях реактора, чтобы выровнять температуру по всему объему реактора. Это увеличивает селективность процесса и продлевает срок службы катализатора и его время между регенерациями.

В то время как метанол является основным оксигенатом, используемым в процессе метаформирования, другие оксигенаты можно использовать с метанолом или вместо него. Кроме того, легкие олефины, такие как сухой газ каталитического крекинга, могут использоваться с метанолом или вместо него. Эта возможность делает метаформирование очень привлекательным выбором для нефтеперерабатывающих заводов с потоками, обогащенными оксигенатами или олефинами, такими как этанол и газ [10].

Еще одна важная отличительная черта процесса метаформинга заключается в том, что катализатор не содержит драгоценные металлы. В большинстве аналогичных процессах потребность в драгоценных металлах слишком высока и это сильно сказывается на итоговой стоимости катализатора. Помимо стоимости увеличивается и чувствительность этих катализаторов к ядам и высоким температурам.

На рисунке 2 представлено преобразование нефти процессом метаформинга. Как видно из приведенной ниже диаграммы для нефти полного диапазона, метаформинг преобразует 72% нормальных парафинов при сохранении более 70% изопарафинов. Нафтены восстанавливаются путем дегидрирования, и 38% продукта состоит из высокооктановых ароматических углеводородов.

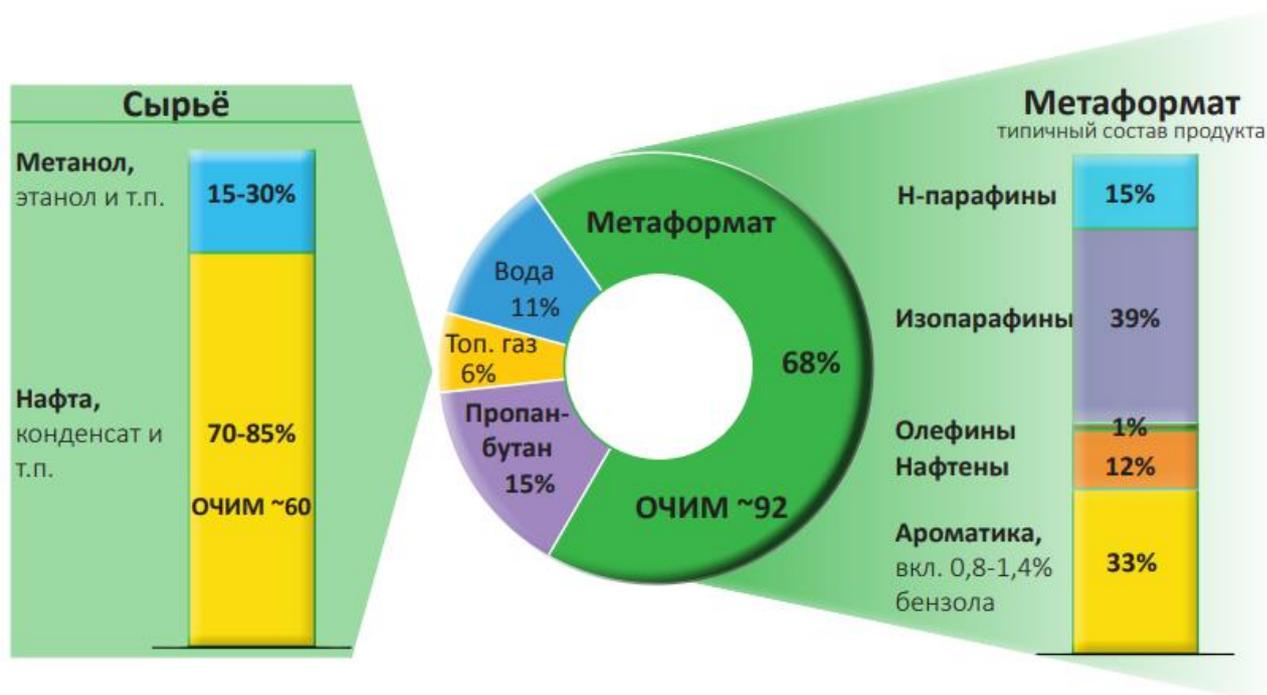


Рисунок 2 - Сравнение сырья и продуктов для метаформирования нефти полного диапазона

Во второй главе «Расчётная часть» магистерской работы представлены расчеты основного технологического оборудования: реактора метаформинга и трубчатой печи для нагрева фракции 35-180 °С.

Первичная переработка нефти осуществляется на установке ЭЛОУ – АВТ. Для расчета принято, что ее мощность составляет 7 млн. т нефти/г. Нефть содержит до 17 масс. % фракции 35-180 °С. То есть для максимально эффективной переработки сырья необходима установка, мощность которой составит 1,19 млн. т в год по нефти. Исходные данные для расчета:

- Годовая производительность установки по нефти – 1,19 млн. т/год;
- Сырье – легкая нефть (НК 35-180 °С) и метанол;

- Относительная плотность нефти, $\rho_4^{20} = 0,730$;
- Относительная плотность метанола, $\rho_4^{20} = 0,791$;

В таблице 1 представлен компонентный состав легкой нефти.

Таблица 1 – Компонентный состав фракции 35-180 °С

Компоненты	Содержание, об.%
н-парафины	28,40
изо-парафины	36,73
нафтены	20,17
олефины	0,50
ароматика	14,20
Итого:	100
Бензол, об. %	1,74
Общая сера, мг/кг	100

Согласно таблице 1 нефтя содержит 36,73 об. % и 14,20 об. % изо-парафинов и ароматических углеводородов, соответственно, и ОЧИ составляет всего лишь 62 пункта.

Исходя из полученного материального баланса процесса метаформинга фракции 35-180 °С выход высокооктанового бензина составляет около 1 млн. т/г с октановым числом порядка 90-98 пунктов.

В ходе работы был произведен тепловой расчет реактора метаформинга. Он показал, что в процессе переработки легкой нефти происходит выделение избыточного количества тепла. Для того, чтобы минимизировать риск перегрева катализатора выше температуры рабочей области и соблюсти матбаланс по продуктам, был выбран секционный реактор, с возможностью охлаждения реакционной зоны введением более холодного метанола.

Реактор метаформинга – это вертикальный цилиндрический аппарат с полусферическими днищами. Его диаметр может составлять от 1,5 до 5 м, а высота – от 10 до 20 м.

Для отведения избыточного тепла реактор секционируют и в каждой секции реактора под катализатором располагают маточник ввода охлаждающего метанола.

В ходе работы были рассчитаны основные размеры реактора.

В связи с тем, что общая высота катализаторного слоя составила около 59,64 м, а стандартная высота реактора находится в диапазоне 10 – 20 м, был принят каскад из 7 реакторов. Тогда высота катализаторного слоя в каждом реакторе составила 8,52 м, общая высота реактора - 15,16 м, диаметр реактора - 3,8 м.

Для нагрева фракции НК 35-180 °С по технологии используется трубчатая печь. Были рассчитаны тепловой баланс и ее основные технологические параметры, такие как КПД, полная тепловая нагрузка, радиантная и конвективная части печи.

Выбор типоразмера трубчатой печи осуществлялся по каталогу в зависимости от ее назначения, теплопроизводительности и вида используемого топлива.

В данном случае назначение печи – нагрев и испарение легкой нефти, теплопроизводительность Q_m составляет 51,01 МВт, а топливом является газ.

Исходя из этих условий, выбираем трубчатую печь типоразмера BC4 $\frac{1400}{13}$.

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что при переработке фракции 35-180 °С процессом метаформинг получается до 70 мас. % высокооктанового бензина с октановым числом 90-98 пунктов. Также метаформинг способен перерабатывать сырье, содержащее до 1000 ppm серы, и удалять до 90% серы без потребности в водороде.

2. Составлены материальный и тепловой балансы процесса метаформинг.

3. Рассчитаны основные параметры реактора метаформинга: высота катализаторного слоя в реакторе – 8,5 м, высота цилиндрической части реактора – 11,4 м, высота реактора – 15,2 м, диаметр реактора – 3,8 м.

4. Составлен тепловой баланс и выбран типоразмер (ВС4) трубчатой печи для нагрева легкой нефти и рассчитаны ее основные технологические параметры.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Gunderson, I. & Fu, C. Heat Integration of an Oxy-Combustion Process for Coal Fired Power Plants with CO₂ Capture by Pinch Analysis / Chemical Engineering Transactions. - 2010. - No. 21. - P. 181 - 186.
2. Agha, M. H. Integrated Management of Energy and Production: Scheduling of Batch and Continuous Heat and Power Plant. - 2009. - P. 220.
3. Мейерс Роберт А. Основные процессы нефтепереработки. Справочник / Роберт А. Мейерс; пер. с англ. яз. 3-го изд. под ред. О. Ф. Глаголевой, О. П. Лыкова. – СПб.: Профессия, 2011. – 940 с.
4. Гордеев, Д. С. Влияние повышения акцизов на нефтепродукты на доходы бюджета / Д. С. Гордеев // Экономическое развитие России. – 2020. – Т. 27, № 2. – С. 9–14.
5. Буренина И.В., Евтушенко, Е.В., Зац, А.С. Экономическое обоснование оптимизации производственных процессов нефтеперерабатывающих заводов / И.В. Буренина // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». – 2015. - Т 7, №2. – С. 23-27.
6. Sims S., Adebayo A. and other Methaforming: Novel Process for Producing High-Octane Gasoline from Naphtha and Methanol at Lower CAPEX and OPEX / New Gas Technologies – Synthesis LLC. – 2017. – P. 92.
7. Пат. RU № 2174145. «Устройство для транспортировки дискретного материала и способ каталитического риформинга» Миклич Ф. Т. Заявка: 1996104356 от 16.12.1996 Опубликовано: 27.09.2001 Бюл. № 1
8. Covert T., Greenstone, M., Knittel, C.R. Will We Ever Stop Using Fossil Fuels / J. Econ. Perspect. 30, – 2016. – P. 138.
9. Бесков, В.С. Общая химическая технология и основы промышленной экологии / В.С. Бесков, В.С. Сафронов. - М.: Химия, 1999. - 471 с.
10. Капустин, В. М. Основы проектирования нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий / В. М. Капустин, М. Г. Рудин, А. М. Кудинов. - М. : Нефтехимия, 2012. – 437с.