

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Кафедра нефтехимии и техногенной безопасности

**Влияние водяного пара на эффективность разделения нефтяных фракций  
при ректификации**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 431 группы

направления 18.03.01 «Химическая технология»

код и наименование направления, специальности

Института химии

Гриценко Алексея Вячеславовича

Научный руководитель

доцент, к.х.н.

должность, уч. ст., уч. зв.

\_\_\_\_\_

подпись, дата

И.А. Никифоров

инициалы, фамилия

Заведующий кафедрой

д.х.н., профессор

должность, уч. ст., уч. зв.

\_\_\_\_\_

подпись, дата

Р.И. Кузьмина

инициалы, фамилия

Саратов 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1. Исследование воздействия водяного пара в качестве испаряющего агента на установке атмосферной перегонки нефти. ....	4
1.1 Атмосферная перегонка нефти .....	4
1.2 Ректификация.....	4
1.3 Использование испаряющего агента в процессе ректификации.....	4
1.4 Обзор патентов процесса ректификации нефти.....	5
2 Изучение влияния водяного пара на выход фракций с установки АВТ на основе регламента Саратовского НПЗ .....	8
2.1 Работа АВТ. Существующее положение.....	8
2.2 Исходные данные для расчетов и создания модели .....	8
2.3 Формулы расчета процесса ректификации. Модель парожидкостного равновесия Грейсона – Стрида. ....	8
2.4 Процесс построения используемой модели .....	9
2.5 Расчёт влияния расхода пара на выход фракций из колонны К-2 .....	10
3 Заключение .....	11
4.Выводы .....	12

## **ВВЕДЕНИЕ**

Разделение нефти на фракции является основным процессом нефтепереработки, эффективность ректификации во многом определяет экономические показатели производства, ускорение и улучшение этого процесса является одной из главных задач рационального использования ресурсов. Применение водяного пара в процессе ректификации – эффективный и недорогой способ увеличения глубины переработки нефти.

Актуальность выбранной темы заключается в том, что в настоящее время многие НПЗ на установках АВТ используют в качестве испаряющего агента - водяной пар, но многие ученые считают, что использование водяного пара не выгодно из-за негативных эффектов оказываемых им на установку. Поэтому данная тема нуждается в подробном изучении.

Целью данной выпускной квалификационной работы является исследование влияние водяного пара на отбор нефтяных фракций из ректификационной колонны на модели двухколонного процесса ректификации нефти используемой в блоке атмосферной перегонки и разработать предложение по оптимизации технологического режима работы колонны К-2.

## **1. Исследование воздействия водяного пара в качестве испаряющего агента на установке атмосферной перегонки нефти.**

### **1.1 Атмосферная перегонка нефти**

На установках первичной переработки (АВТ, АВТм) нефть разделяют на фракции при атмосферном и остаточном давлении (под вакуумом). Перегонка нефти до мазута осуществляется при атмосферном давлении по схемам одно- или многократного испарения (одно – или двухколонные схемы). Наибольшее распространение в отечественной переработке получили схемы двукратного и значительно меньше схемы однократного испарения. В то же время в качестве перспективных схем перегонки нефти предлагаются усовершенствованные схемы одно-, двух и трехкратного испарения.

### **1.2 Ректификация**

Разделение нефти – процесс разделения ее на фракции по температурам кипения (отсюда термин «фракционирование») лежит в основе переработки нефти и извлечения при этом моторного топлива, смазочных масел и разных других ценных химических продуктов.

Перегонка с ректификацией — распространенный в химической и нефтегазовой технологии массообменный процесс, осуществляемый в ректификационных колоннах — путем неоднократного противоточного контактирования паров и жидкости. Контактное взаимодействие потоков пара и жидкости может протекать непрерывно или ступенчато.

### **1.3 Использование испаряющего агента в процессе ректификации**

Одним из способов увеличения концентрации высококипящих компонентов в остатке от перегонки нефти является ввод в нижнюю часть ректификационной колонны испаряющего агента. В качестве испаряющего агента используются пары лигроина, бензина, керосина, инертный газ, чаще всего — водяной пар.

#### **Использование водяного пара**

Когда температура кипения нефтяной смеси при атмосферном давлении превышает температуру ее термического разложения, при ректификации применяют водяной пар. Действие водяного пара заключается в понижении парциального давления компонентов смеси, он вызывает кипение ее при меньшей температуре. Водяной пар используют как при атмосферной, так и при вакуумной ректификации. При ректификации его применяют для отпаривания низкокипящих фракций от мазута и гудрона, из топливных и масляных фракций.

### **Использование альтернативных испаряющих агентов**

Замена водяного пара инертным газом могла бы привести к большой экономии тепла, затрачиваемого на производство водяного пара, и к снижению расхода воды, идущей на его конденсацию. Весьма удобно применять инертный газ при ректификации сернистого сырья, так как сернистые соединения в присутствии влаги вызывают прогрессирующую коррозию аппаратов. Однако инертный газ не получил применения при ректификации нефти из-за громоздкости нагревателей газа и конденсаторов паро-газовой смеси, низкого коэффициента теплоотдачи и сложности полного извлечения отгоняемого нефтепродукта из газового потока.

Более удобно в качестве испаряющего агента использовать легкие нефтяные фракции, так как это исключает использования открытого водяного пара при перегонке сернистого сырья, вакуума и вакуум-создающей аппаратуры.

## **1.4 Обзор патентов процесса ректификации нефти**

### **Способ перегонки нефти**

Патент который мы рассмотрим предлагает использовать пленочный испаритель для создания парового потока в ректификационной колонне. Изобретение относится к способам перегонки нефти и может быть использовано в нефтеперерабатывающей промышленности. Изобретение касается способа перегонки нефти в сложной ректификационной колонне, включающего подачу нагретой в печи нефти в секцию питания основной

колонны, подачу перегретого водяного пара в низ основной колонны, отбор кубового остатка, отбор паров дистиллята из верха колонны, совместную конденсацию паров нефтепродуктов

и паров воды с последующим отделением сточных вод, острое и промежуточные циркуляционные орошения, отбор жидкости в отпарные колонны, возврат паров из верхней части отпарных колонн в основную колонну.

Основная суть данного изобретения заключается в уменьшение использования водяного пара в отпарных колоннах для создания парового потока за счет использования тепла паров ректификационной колонны в плёночных испарителях. Для создания парового потока используют тепло паров находящихся на тарелках, лежащих ниже тарелок отбора жидкости в отпарные колонны.

### **Способ ректификации нефти**

В данном патенте для увеличения выхода дизельной фракции используют бензиновую фракцию отбираемую с верха колонны отбензинивания нефти и подают ее в качестве орошения на верх сложной колонны, а часть бензиновой фракции из сложной ректификационной колоны подается в качестве орошения в колонну отбензинивания нефти. Способ ректификации характеризуется тем, что осуществляют подачу нагретой нефти в простую ректификационную колонну, отбирают пары легкой бензиновой фракции с ее верха и подают их в сложную ректификационную колонну, на верх простой ректификационной колонны подают орошение, нижний продукт простой ректификационной колонны нагревают в печи и подают в сложную ректификационную колонну, отбирают бензиновую фракцию с верха сложной колонны, конденсируют и охлаждают ее в конденсаторе-холодильнике, выводят из него охлажденную бензиновую фракцию, возвращают ее частично в сложную ректификационную колонну в виде орошения, балансовое количество бензиновой фракции выводят с установки, в сложной колонне

отбирают дизельную фракцию в виде бокового потока и выводят мазут из куба сложной колонны, в низ которой подают водяной пар.

### **Модификации установки атмосферной перегонки с увеличением выхода газойлевой фракции**

В статье описываются новые технологии устройства ректификационного процесса и рентабельность применения их на практике. Одним из нововведений является эффект носителя на котором основываются технологии. Эти технологии были описаны в патенте Ji and Bagajewicz. В результате использования этих технологий выход легроиновой и керосиновой фракции практически не изменился, выход дизельной фракции не сильно увеличился, а выход газойля значительно увеличился и как следствие уменьшилось производство остатков. Наибольший выход гайзолевой фракции увеличился в 4-ой и 5-ой технологиях.

### **Влияние перегрева пара на извлечения фракций нефти.**

Поскольку перегретый пар несет больше скрытой теплоты, чем насыщенный пар при эквивалентных условиях, извлечение из нефти полезных реакций может быть дополнительно улучшено при использовании перегретого пара в процессе паровой дистилляции. В статье провели ряд экспериментов для изучения воздействия степени перегрева пара и объема ввода его в процесс на скорость дистилляции тяжелой нефти.

Были проведены эксперименты с использованием насыщенного водяного пара, перегретого водяного пара на 10° и на 40°. В результате при дистилляции тяжелой нефти плотность и вязкость кубового остатка увеличивается и следственно сначала были выделены наиболее легкие компоненты имеющие меньшую вязкость и плотность.

## **2 Изучение влияния водяного пара на выход фракций с установки АВТ на основе регламента Саратовского НПЗ**

### **2.1 Работа АВТ. Существующее положение**

Работа АВТ описывается в регламенте Саратовского НПЗ установки ЭЛОУ-АВТ-6 в разделе 3.

### **2.2 Исходные данные для расчетов и создания модели**

Для моделирования был разработан состав нефти представленный в таблице. Для разработки компонентного состава нефти использовались данные по составу фракций Приволжской нефти. Нефть на основе которой был подобран фракционный состав выбиралась исходя из перерабатываемой нефти на НПЗ, как сказано в регламенте ” В качестве сырой нефти используется смесь нефтей: нефть, поступающая по трубопроводу «Самара-Лисичанск», Саратовская нефть, поступающая по трубопроводу, а также, дозируемые с установки ЭЛОУ-5, легкая нефть (нефть) и газовый конденсат, поставляемые железнодорожным транспортом, и ловушечный продукт.“. При разработке состава нефти была построена кривая разгонки нефти

Так как мы будем работать над моделью относительно данных из регламента Саратовского НПЗ, то и отбирать фракции из колонны К-2 будем те же что и на НПЗ. Фракции за выходом которых мы будем следить в результате расчетов: 0-120°C; 120-180°C; 180-240°C; 240-290°C; больше 290°C

### **2.3 Формулы расчета процесса ректификации. Модель парожидкостного равновесия Грейсона – Стрида.**

Метод расчета термодинамического равновесия предназначен для моделирования процессов ректификации.

**Расчет равновесия жидкость-пар  $PV=const$**

**Цель создания метода.**

Нахождении количества вещества и состава жидкой и паровой фаз при известных общем составе, количестве смеси, давлении в системе, температуре, давлении насыщенного пара чистого компонента.

Условия равновесия указаны в 2.1:

$$\begin{cases} x_i L + y_i V - z_i = 0 \\ \sum y_i - 1 = 0 \\ V + L = 1 \end{cases}, (2.1)$$

где  $x_i, y_i$  – доля  $i$ -го компонента в жидкой и паровой фазах соответственно;

$L, V$  – мольная доля жидкой и паровой фазы соответственно.

### **Модель парожидкостного равновесия Грейсона – Стрида.**

Согласно рассматриваемой методике константа фазового равновесия определяется тремя факторами по формуле 2.9:

$$K_i = v_i^{0L} \frac{\gamma_i^L}{\Phi_i^V}, (2.9)$$

где  $v_i^0$  - коэффициент летучести (фугитивности) чистого  $i$ -го компонента в жидкой фазе;

$\gamma_i$ - коэффициент активности  $i$ -го компонента в жидкой фазе, рассчитанный по теории регулярных растворов;

$\Phi_i$  - коэффициент летучести  $i$ -го компонента в паровой фазе, рассчитанный по уравнению состояния Соава – Редлиха – Квонга.

## **2.4 Процесс построения используемой модели**

Проведем моделирование ректификации нефтяной смеси по схеме двукратного испарения - в двух ректификационных колоннах. В качестве разделяемой смеси используем нефть с разработанным фракционным составом указанным в таблице 1 и с входными параметрами:

Температура: 50 °С

Давление : 3 атм.

Расход нефти: 722390 кг/ч – 850 м<sup>3</sup>/ч

Для моделирования процесса ректификации будем использовать два модуля ректификационной колонны - Tower Plus, два модуля печи - Fired Heater, один входящий поток – Feed и шесть выходящих потоков Product .

Задаем параметры для каждого аппарата по заданным исходным данным.

## **2.5 Расчёт влияния расхода пара на выход фракций из колонны К-2**

Для начала расчётов необходимо выбрать параметры давления и температуры для водяного пара, эти параметры возьмем из технологического регламента Саратовского НПЗ – установки ЭЛОУ-АВТ-6.

Также введем характеристику потока такую как чистота отбора фракций или четкость погоноразделения. Она является косвенным показателем четкости разделения нефтяных смесей в ректификационных колонах заключающаяся в налегание температур кипения соседних фракций на основные выделяемые фракции в определенном потоке [22]. В нашем случае возьмем отношение массы выделяемой фракции к массе всего потока в процентах уравнение 2.21.

$$\frac{m_{\text{фр}}}{m_{\text{п}}} \cdot 100\%, (2.21)$$

где  $m_{\text{фр}}$  – масса выделяемой фракции, кг;

$m_{\text{п}}$  – масса выходящего потока, кг.

Еще одна необходимая характеристика, это полный выход фракций к которому мы будем относить выход фракций при введение водяного пара.

Начнем исследование влияние расхода водяного пара на выход фракций с количества водяного пара заданного по регламенту для получения исходных данных с которыми будем сравнивать. Возьмем шаг для расхода пара равным 110 кмоль/ч. Выход фракции запишем как выход компонентов интересующего нас диапазона температур кг/ч к максимальному выходу этой фракции кг/ч и переведем в проценты.

Из графиков и из таблицы видим что при введение в колонну К-2 водяного пара :

- выход фракции до 120 °С при вводе от 330 - 440 кмоль/ч водяного пара увеличивается после ввода 550 кмоль/ч уменьшается, чистота фракции уменьшается на протяжении ввода водяного пара;
- выход фракции 120 – 180 °С уменьшается на протяжении ввода водяного пара на всем исследуемом участке, чистота фракции так же уменьшается после ввода 440 кмоль/ч водяного пара;
- выход фракции 180 - 240 °С при вводе водяного пара уменьшается на протяжении всего ввода водяного пара в колонну, чистота фракций так же уменьшается.
- выход фракции 240 – 290 °С колеблется в диапазоне от 65 до 35 % при вводе водяного пара на всем исследуемом участке, кривая чистоты фракции подобно выходу имеет колебательный вид;
- выход фракции больше 290 °С практически не изменяется на протяжении ввода водяного пара как и чистота фракции.

Так как основной фракцией выделяемой на АВТ-ЭЛОУ 6 является фракция 120 – 180 °С, а выход данной фракции весьма маленький при вводе водяного пара по регламенту НПЗ, попробуем разработать режим работы колонны с большим выходом данной фракции при том же вводе водяного пара

### **3 Заключение**

В результат проделанной дипломной работе мы исследовали влияние водяного пара на отбор нефтяных фракций и чистоту нефтяных фракций. Провели анализ литературы по заданной теме. Разработали модель АВТ в программе Chemcad на основе регламента Саратовского НПЗ. Провели анализ влияния расхода водяного пара на выход фракций нефти. Разработали на основе первой модели, режим работы колонны К-2 для большого выхода основной фракции колонны К-2 (120 – 180 °С).

#### **4.Выводы**

На основании проведенного нами обзора литературы по теме влияние водяного пара на процесс ректификации мы провели расчёты на смоделированной установке АВТ и сделали выводы:

1. Увеличение расхода водяного пара в основную колонну К-2 до определенного значения увеличивает выход фракции, выкипающей до 120 °С, для фракций 120 - 180 °С и 180 - 240°С при исследуемом расходе пара уменьшается выход фракций. На фракции, выкипающие выше 240 °С изменение расхода водяного пара, практически не влияет.
2. Увеличение расхода водяного пара в основную колонну К-2 уменьшает чистоту выделения всех фракций и как следствие уменьшается четкость ректификации.
3. Был предложен температурный режим работы ректификационной колонны нацеленный на увеличение выхода дорогостоящей фракции выкипающей в диапазоне 120-180 °С вплоть до 99%.