

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Методические указания**  
**Технология переработки углеводородов**

|                          |                                                                                                |
|--------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Направление подготовки   | 21.03.01 Нефтегазовое дело                                                                     |
| Направленность (профиль) | Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки |
| Форма обучения           | Очно-заочная                                                                                   |
| Год начала обучения      | 2026                                                                                           |
| Реализуется              | 5-6 семестре                                                                                   |

Ставрополь 2026 г.

## Содержание

### Введение

Практическое занятие № 1. Технологические схемы и оборудование блоков стабилизации продуктов глубокой переработки нефти

Практическое занятие № 2. Технологические схемы и оборудование установок стабилизации нефти и газоконденсата

Практическое занятие № 3. Способы подвода и отвода тепла, организация орошения в ректификационных колоннах

Практическое занятие № 4. Принципы выбора контактных устройств для различных процессов фракционирования

Практическое занятие № 5. Материальный баланс первичной перегонки нефти  
Практическое занятие № 6. Блок атмосферной перегонки нефти

Практическое занятие № 7. Блок вакуумной перегонки мазута

Практическое занятие № 8. Современные промышленные установки атмосферной перегонки нефти и газоконденсата

Практическое занятие № 9. Основные схемы вакуумной перегонки мазута

Практическое занятие № 10. Технология стабилизации нефти

Практическое занятие № 11. Термодеструктивные процессы переработки нефтяного сырья: типы и назначение термических процессов

Практическое занятие № 12. Показатели и пути увеличения глубины переработки нефти

Практическое занятие № 13. Ресурсы и месторождения горючих ископаемых

Практическое занятие № 14. Состояние и тенденции развития мировой топливно-энергетической системы

Практическое занятие № 15. Топливо-энергетический баланс развитых промышленных стран

Практическое занятие № 16. Состав природных и попутных газов

Практическое занятие № 17. Промысловая подготовка газа

Практическое занятие № 18. Осушка природного газа

Список литературы

рекомендуемой

.....

## **Практическое занятие № 1. Технологические схемы и оборудование блоков стабилизации продуктов глубокой переработки нефти**

**Цель:** Приобретение знаний и практических навыков в современных условиях развития альтернативных технологий в нефтегазоперерабатывающей промышленности.

**Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части:**

**Знания:** знать принцип работы технических средств для измерения основных параметров технологического процесса, свойства сырья и продукции, конкретные технические решения при разработке технологических процессов, технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения

**Умения:** уметь осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения

**Компетенции или их части:**

Способен обеспечить технологическое сопровождение процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-1)

Способен обеспечить документационное сопровождение разработки и внедрения мероприятий по повышению эффективности технологического процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-2)

**Актуальность темы:** Знания и умения, полученные в ходе практического занятия, будут использованы при написании дипломной работы бакалавра, и при дальнейшей их производственной деятельности для получения моторных топлив из альтернативных источников сырья на предприятиях и подразделениях нефтегазоперерабатывающей промышленности.

### **Теоретическая часть**

Блок стабилизации и вторичной перегонки бензина предназначен для получения узких бензиновых фракций, которые далее используются как сырье каталитического риформинга (когда получают индивидуальные ароматические - бензол, толуол ксилолы), либо бензин с более высоким ОЧ. При производстве ароматических бензинов дистиллят разделяют на фракции: бензольную 62-85; толуольную 85-115 (120); ксольную 115-140.

Технологическая схема установки приводится на рисунке.

Тепло, необходимое для работы отгонных секций колонн, сообщается кипятильниками (горячая струя), в которых теплоносителем является водяной пар. В каждой колонне по 60 тарелок.

Режим работы установки.

Температура, 0С: верх К-1 104; К-2 78; К-3 105;

низ К-1 170; К-2 122; К-3 168.

Давление, МПа: К-1 0,23-0,28; К-2 0,18-0,22; К-3 0,02-0,06.

Материальный баланс зависит от потенциального содержания узких фракций в бензиновом дистилляте (Ромашкинская нефть)

|                                 |      |
|---------------------------------|------|
| Взято, % мас.                   |      |
| Сырье (н.к.-180 <sup>0</sup> С) | 100  |
| Итого                           | 100  |
| Получено, % масс.               |      |
| Головная фракция (н.к.-62)      | 10,6 |
| Бензольная (62-85)              | 14,4 |
| Толуольная фракция (85-120)     | 23,2 |
| Ксилольная фракция (120-140)    | 17,2 |
| Остаток (140-180)               | 33,9 |
| Потери                          | 0,7  |
| Итого                           | 100  |

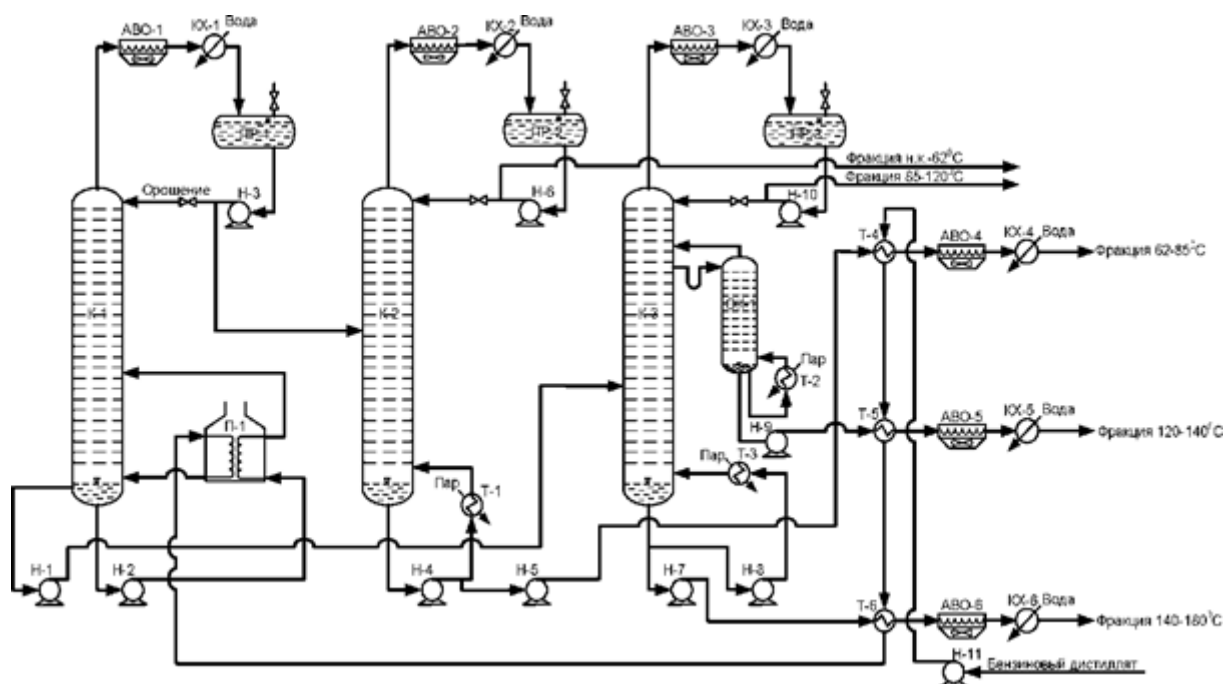


Рисунок - Технологическая схема установки вторичной перегонки бензинового дистиллята

### Вопросы и задания:

1. Опишите технологическую схему стабилизации бензина
2. Какие технологические параметры применяются в каждой колонне

3. Опишите материальный бал

**Список литературы:**

1. Вержичинская, С. В. Химия и технология нефти и газа : учеб. пособие / С. В. Вержичинская, Н. Г. Дигуров, С. А. Синицин. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ФОРУМ, 2009. – 400 с.

2. Технология переработки нефти : в 2 ч. : учеб. пособие / [О. Ф. Глаголева, В. М. Капустин, Т. Г. Гюльмисарян [и др.]] ; под ред. О. Ф. Глаголевой, В. М. Капустина, Ч.1, Первичная переработка нефти. – М. : Химия : КолосС, 2005. – 400 с. – Гриф: Доп. МО.

1. Жирнов, Б.С. Первичная переработка нефти : учеб. пособие / Б.С. Жирнов, Н. Г. Евдокимова ; Мин-во образования и науки, ГОУ ВПО Уфимский гос. нефт. техн. ун-т. - Уфа : УГНТУ, 2005. - 167 с. : ил., табл. - Гриф: Доп. УМО.

2. Мановян, А. К. Технология первичной переработки нефти и природного газа : учеб. пособие для вузов / А. К. Мановян. – 2-е изд., испр. – М. : Химия, 2001. – 568 с.

## **Практическое занятие № 2. Технологические схемы и оборудование установок стабилизации нефти и газоконденсата**

**Цель:** Приобретение знаний и практических навыков в современных условиях развития альтернативных технологий в нефтегазоперерабатывающей промышленности.

**Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части:**

**Знания:** знать принцип работы технических средств для измерения основных параметров технологического процесса, свойства сырья и продукции, конкретные технические решения при разработке технологических процессов, технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения

**Умения:** уметь осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения

**Компетенции или их части:**

- Способен обеспечить технологическое сопровождение процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-1)

- Способен обеспечить документационное сопровождение разработки и внедрения мероприятий по повышению эффективности технологического процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-2)

**Актуальность темы:** Знания и умения, полученные в ходе практического занятия, будут использованы при написании дипломной работы бакалавра, и при дальнейшей их производственной деятельности для получения моторных топлив из альтернативных источников сырья на предприятиях и подразделениях нефтегазоперерабатывающей промышленности.

### **Теоретическая часть:**

Процесс физической стабилизации нефтей предназначен для удаления газовых компонентов. Вследствие высокого давления насыщенных паров газы выделяются из нефти при температуре окружающей среды, унося с собой ценные легкие компоненты бензиновых фракций, при этом возрастает пожароопасность.

Таблица - Давление насыщенных паров (МПа)

| Температура, °С | 0    | 10   | 20   | 30   | 40   |
|-----------------|------|------|------|------|------|
| Этан            | 2,31 | 2,92 | 3,65 | 4,50 | -    |
| Пропан          | 0,46 | 0,62 | 0,82 | 1,06 | 1,34 |
| Н-бутан         | 0,10 | 0,14 | 0,20 | 0,27 | 0,37 |

Такое испарение наблюдается в резервуарах, при наливке нефти и н/п, потери могут достигать 5%-10% масс. Кроме того, присутствие в нефтях газов способствует образованию в трубопроводах

газовых пробок, что затрудняет транспортирование нефти и н/п.

*Потери от испарения:* за счет малых дыханий, больших и выкипания легких компонентов. Малые дыхания - происходят ежедневно из-за испарения от изменений температуры окружающей среды: в дневное время газовоздушная смесь расширяется в результате нагрева и по достижении определенной величины давления срабатывает дыхательный клапан, происходит выброс в атмосферу «выдох». Ночью пары конденсируются, создается частичный вакуум и через вентиляционные отверстия подсасывается воздух «вдох». Для 5-тысячника потери эти могут достигать 70 т/год, а для 20-тысячника - уже 180 т/год).

Большие дыхания - при откачке жидкости из резервуара паровое пространство заполняется парами, выделяющимися с поверхности оставшейся жидкости. Когда же резервуар заполняется, объем газовоздушной смеси вытесняется поступающей жидкостью в атмосферу.

Потери от кипения - образуются в условиях, когда жидкость нагревается до температуры кипения и возникает интенсивное парообразование (солнечная сторона корпуса резервуара). Это явление редкое.

Для борьбы с этими потерями, снижения пожароопасности (за счет предотвращения попадания воздуха) и исключения загрязнения атмосферы сооружаются системы улавливания продуктов испарения. Используются резервуары с герметичными крышами, широкое распространение получили резервуары с плавающими крышами. Резервуары бывают сборные на болтах (1600 м<sup>3</sup>) и сварные (80 м<sup>3</sup>), с конусными, сферическими и плоскими крышами. Легкость транспортировки и повторного монтажа составляют преимущества резервуаров, собранных на болтах.

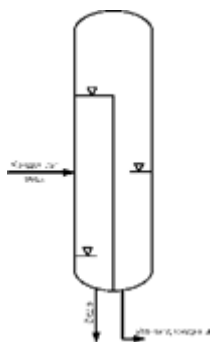
Однако, эти методы не устраняют причину потерь легких углеводородов. Радикальным методом борьбы с потерями легких углеводородов является стабилизация нефти, которую осуществляют на промысле и на НПЗ. Для стабилизации нефти на промысле используют сепарацию одно- или многоступенчатую.

Вторая схема сепарации газа от нефти эффективна при высоком газовом факторе, а также, когда давление на устье добывающей скважины высокое. Сепараторы бывают вертикальные, горизонтальные и сферические.

Эффективность сепаратора определяется площадью раздела фаз. Поэтому горизонтальные сепараторы используются при высоком газовом факторе, вертикальные - при низком, а сферические - в промежутке.

На НПЗ для стабилизации нефти применяют одноколонные установки, а двухколонные - когда стабилизации подвергается газовый бензин (1-для нефти, 2-для бензина). 2-хколонные схемы используют для нефтей с высоким содержанием растворенных газов - более 1,5%мас.

Технологическая схема приводится на рисунке.



Подготовленная на промысле нефть поступает в сепаратор и далее в ректификационную колонну, в которой за счет подвода тепла внизу колонны от нее отпариваются легкие углеводы, которые конденсируются в конденсаторе-холодильнике, а в сепараторе разделяются несконденсированный газ и жидкая фаза, содержащая углеводороды C3-C5.

Если подготовленная на промысле нефть имеет в своем составе более 1,5% газа, то применяется 2-ступенчатая стабилизация.

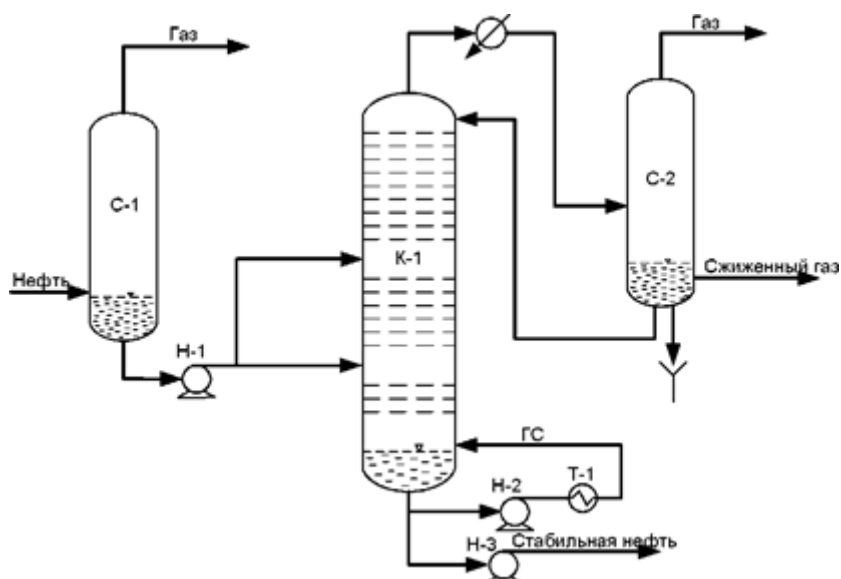


Рисунок - Технология одноколонной стабилизации нефти

В результате стабилизации легкой нефти из нее полностью удаляется метан, этан и на 95% пропан, при этом давление насыщенных паров нефти при 400С снижается с 0,85 до 0,03 МПА, это гарантирует постоянство ее фракционного состава при транспортировании и хранении.

Сырая нефть - С С2 С3 С4 С5 С6 С7 0,6 2,3 2,7 2,3 3,6 7,0 81,5

Стабильная нефть----- 2,0 4,2 7,4 86,4

#### **Вопросы и задания:**

1. Что такое потери от испарения?
2. Что такое большие дыхания?
3. Что такое потери от кипения?
4. В каких случаях применяют стабилизацию нефти?
5. Опишите технологическую схему стабилизации нефти

#### **Список литературы:**

1. Вержичинская, С. В. Химия и технология нефти и газа : учеб. пособие / С. В. Вержичинская, Н. Г. Дигуров, С. А. Синицин. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ФОРУМ, 2009. – 400 с.
2. Технология переработки нефти : в 2 ч. : учеб. пособие / [О. Ф. Глаголева, В. М. Капустин, Т. Г. Гюльмисарян [и др.]] ; под ред. О. Ф. Глаголевой, В. М. Капустина, Ч.1, Первичная переработка нефти. – М. : Химия : КолосС, 2005. – 400 с. – Гриф: Доп. МО.
3. Жирнов, Б.С. Первичная переработка нефти : учеб. пособие / Б.С. Жирнов, Н. Г. Евдокимова ; Мин-во образования и науки, ГОУ ВПО Уфимский гос. нефт. техн. ун-т. - Уфа : УГНТУ, 2005. - 167 с. : ил., табл. - Гриф: Доп. УМО.
4. Мановян, А. К. Технология первичной переработки нефти и природного газа : учеб. пособие для вузов / А. К. Мановян. – 2-е изд., испр. – М. : Химия, 2001. – 568 с.

### **Практическое занятие № 3. Способы подвода и отвода тепла, организация орошения в ректификационных колоннах**

**Цель:** Приобретение знаний и практических навыков в современных условиях развития альтернативных технологий в нефтегазоперерабатывающей промышленности.

**Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части:**

**Знания:** знать принцип работы технических средств для измерения основных параметров технологического процесса, свойства сырья и продукции, конкретные технические решения при разработке технологических процессов, технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения

**Умения:** уметь осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения

**Компетенции или их части:**

- Способен обеспечить технологическое сопровождение процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-1)

- Способен обеспечить документационное сопровождение разработки и внедрения мероприятий по повышению эффективности технологического процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-2)

**Актуальность темы:** Знания и умения, полученные в ходе практического занятия, будут использованы при написании дипломной работы бакалавра, и при дальнейшей их производственной деятельности для получения моторных топлив из альтернативных источников сырья на предприятиях и подразделениях нефтегазоперерабатывающей промышленности.

#### **Теоретическое обоснование:**

Подвод тепла - в колонне осуществляется в 2-х сечениях: ниже укрепляющей части потоком нагретого во внешнем нагревателе сырья и внизу отгонной части колонны. Температура нагрева ограничивается термической деструкцией углеводородов, поэтому  $t_{\max}$  нагрева нефти при атмосферном  $P$  составляет 350 -3600С, а мазута - 400-410° С при пониженных давлениях. При более высоких температурах происходит термическая деструкция углеводородов.

Для подвода тепла в качестве источника тепла используют: водяной пар, горячую струю, паровой и парожидкостной потоки

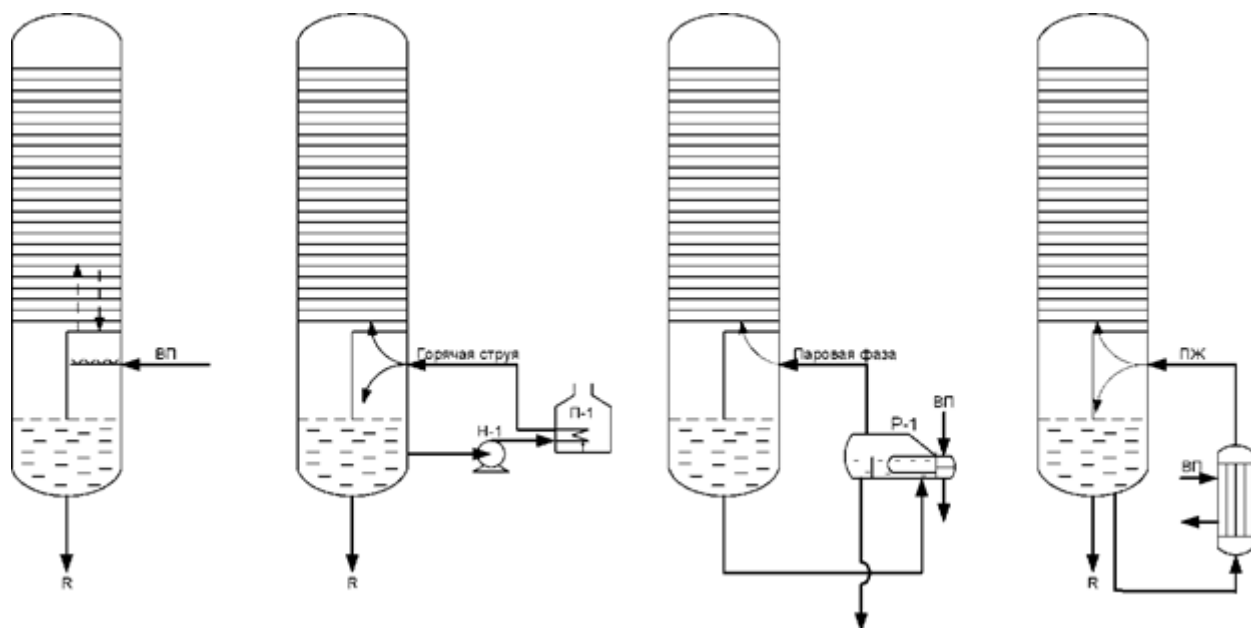


Рисунок - Схема подвода тепла в колонну

Использование водяного пара - применяется, когда создать паровой поток за счет нагрева сырья нельзя из-за температурных ограничений.

В.П. понижает парциальное давление углеводородов, при этом снижается температура кипения углеводородов и предотвращается их термическая деструкция. В.П. проходит всю РК и уходит с верхним продуктом, понижая температуру в ней на 10-20°C. Расход В.П. зависит от количества отпариваемых компонентов, их природы и условий внизу РК. Для хорошей ректификации жидкой фазы внизу РК необходимо, чтобы около 25% ее переходило в паровую фазу.

В нефтепереработке используется перегретый В.П. с температурой равной или чуть выше температуры подаваемого сырья ( $P=2-3$  ат,  $T=350-450^{\circ}\text{C}$ ). Не практикуется использование насыщенного В.П., т.к. его  $P$  и  $T$  взаимосвязаны, например, при  $T=350^{\circ}\text{C}$  его  $P=170$  ат. Стоимость пара с высоким давлением высокая, поэтому его использование не экономично. Насыщенный пар низкого давления имеет низкую температуру (например,  $P=10$  ат,  $T=180^{\circ}\text{C}$ ), в колонне часть тепла идет на его нагрев, что также не экономично.

Преимущества использования В.П.: -увеличивается турбулизация кипящей жидкости, что способствует испарению НКК; -создается большая поверхность испарения за счет испарения у/в внутри пузырька пара; -предотвращает местный перегрев и закоксовывание труб при разделении тяжелых остатков.

Однако, применение В.П. имеет и свои недостатки:

- увеличиваются затраты на перегонку (его необходимо сконденсировать, нагрузка на конденсатор-холодильник возрастает);
- увеличение нагрузки колонны по парам, что вызывает унос жидкости между тарелками;
- снижается парциальное давление нефтяных паров, из-за чего уменьшается температура перегонки и ухудшаются условия теплообмена и регенерации тепла;
- ухудшается массообмен, т.к. В.П. выполняет роль инертного компонента; -возрастает

сопротивление в трубопроводе от колонны до вакуумсоздающего устройства, что приводит к повышению давления в колонне;

-обводняются нефтепродукты, что требует дополнительной их обработки (обводненность бензина 0,02-0,03%, керосина 0,013-0,02%, ДТ 0,01-0,015%);

-корродирует оборудование (особенно в присутствии сернистых соединений). Эти недостатки заставляют ограничивать расход В.П. и даже полностью его исключать. Вместо пара можно использовать инертный газ, но это направление не получило распространения из-за низкого коэффициента теплоотдачи (громоздкие подогреватели газа) и трудности извлечения отгоняемого нефтепродукта от газа.

Известно использование в качестве испаряющего агента легких у/в фракций. Чем ниже температура кипения испаряющего агента и больше его расход, тем ниже температура перегонки. Однако, чем легче н/п, тем выше его потери, поэтому чаще применяют лигроино-керосино-газойлевую фракцию.

Горячая струя - используется для низкотемпературных колонн, когда от нефти отбирается только бензиновая фр.и температура в низу колонны не более 200-2500С, подвод тепла осуществляют циркуляцией остатка колонны через печь и подачи нагретого до 300-3500С потока в отгонную часть.

Рибойлер - для ректификации более легких нефтепродуктов (стабил. бензина), когда тепло вниз колонны подводится с помощью кипятильников: паровой поток - в колонну, а остаток выводится из кипятильника или весь поток в парожидком состоянии возвращается в колонну, а остаток R выводится с низа колонны.

Способы отвода тепла (создание орошения) в колонне Для создания потока флегмы используется орошение в колонне. Отвод тепла осуществляется только в укрепляющей части колонны.

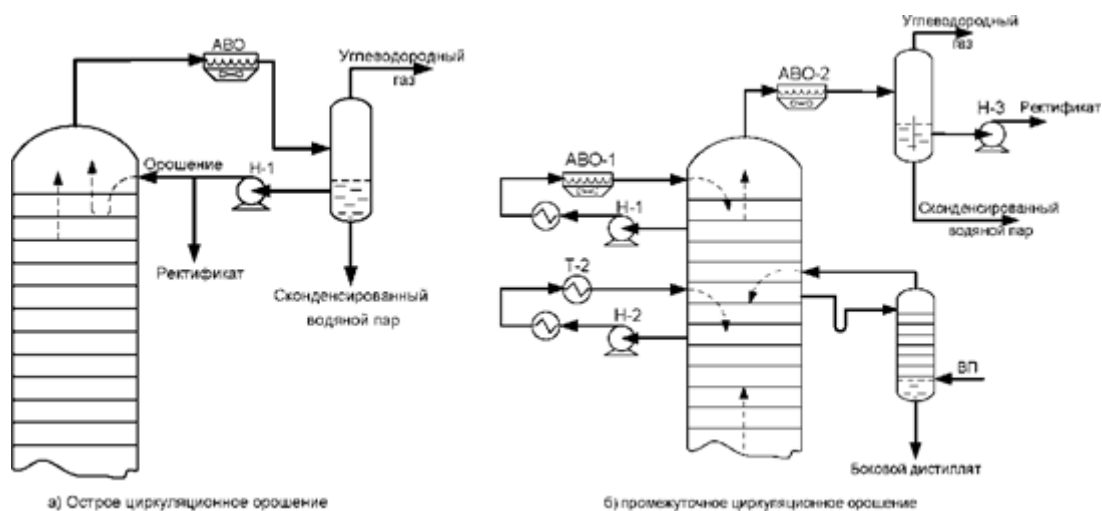
Острое циркуляционное орошение. В качестве острого орошения подается верхний дистиллят, который попадая в колонну, контактирует с паром и часть паров конденсируется, образуя поток флегмы на следующую тарелку, а все орошение нагревается, полностью испаряется, и вместе с парами ректификата покидают колонну, конденсируются в к-х и вновь часть их поступает на орошение колонны

Верхнее циркуляционное орошение. Когда часть флегмы со 2-й или 4-й тарелки забирается насосом, прокачивается через т/о для отвода тепла и охлажденной возвращается на верхнюю тарелку колонны.

ПЦО чаще выводят с одной из тарелок(со 2-й или 4-й тарелок), расположенных ниже тарелки вывода бокового погона и возвращают в колонну на вышележащую (или нижележащую) тарелку

Разность температур  $\Delta t = 50-100^{\circ}\text{C}$ . За счет этой  $\Delta t$  конденсируется часть паров, поднимающихся в колонне, за счет этого создается поток, орошающий нижележащие тарелки

Острым орошением снимается около 40% тепла, а двумя промежуточными 60% (по 30%)-самый эффективный режим



Если тепло отводится только в верхней части колонны, то необходимо отвести такое количество тепла, чтобы создать орошающий поток жидкости по всей высоте колонны. Однако, по мере отвода боковых дистиллятов через стриппинги, количество стекающей жидкости будет максимум на верхней тарелке и уменьшаться к низу. Для создания более равномерного потока, по секциям сложной колонны можно отводить тепло отдельно наверху каждой укрепляющей секции - ПЦО. Сочетание ВЦО и ПЦО позволяет создать более равномерный поток флегмы по высоте колонны и за счет этого уменьшить диаметр колонны.

Под нижние тарелки отпарных колонн (стриппинги) вводится В.П.

Варианты подачи орошения в сложную атмосферную колонну показаны на рисунке.

### Вопросы и задания:

1. Подвод тепла, какие виды вы знаете?
2. Использование водяного пара
3. Особенности применения горячей струи
4. Особенности применения ребойлера
5. Что такое ПЦО?
6. Что такое ВЦО?
7. Что такое ОЦ?
8. Что такое стриппинг?

### Список литературы:

1. Вержичинская, С. В. Химия и технология нефти и газа : учеб. пособие / С. В. Вержичинская, Н. Г. Дигуров, С. А. Сеницын. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ФОРУМ, 2009. – 400 с.
2. Технология переработки нефти : в 2 ч. : учеб. пособие / [О. Ф. Глаголева, В. М. Капустин, Т. Г. Гюльмисарян [и др.]] ; под ред. О. Ф. Глаголевой, В. М. Капустина, Ч.1, Первичная переработка нефти. – М. : Химия : КолосС, 2005. – 400 с. – Гриф: Доп. МО.

3. Жирнов, Б.С. Первичная переработка нефти : учеб. пособие / Б.С. Жирнов, Н. Г. Евдокимова ; Мин-во образования и науки, ГОУ ВПО Уфимский гос. нефт. техн. ун-т. - Уфа : УГНТУ, 2005. - 167 с. : ил., табл. - Гриф: Доп. УМО.

4. Мановян, А. К. Технология первичной переработки нефти и природного газа : учеб. пособие для вузов / А. К. Мановян. – 2-е изд., испр. – М. : Химия, 2001. – 568 с.

#### **Практическое занятие № 4. Принципы выбора контактных устройств для различных процессов фракционирования**

**Цель:** Приобретение знаний и практических навыков в современных условиях развития альтернативных технологий в нефтегазоперерабатывающей промышленности.

**Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части:**

**Знания:** знать принцип работы технических средств для измерения основных параметров технологического процесса, свойства сырья и продукции, конкретные технические решения при разработке технологических процессов, технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения

**Умения:** уметь осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения

**Компетенции или их части:**

- Способен обеспечить технологическое сопровождение процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-1)

- Способен обеспечить документационное сопровождение разработки и внедрения мероприятий по повышению эффективности технологического процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-2)

**Актуальность темы:** Знания и умения, полученные в ходе практического занятия, будут использованы при написании дипломной работы бакалавра, и при дальнейшей их производственной деятельности для получения моторных топлив из альтернативных источников сырья на предприятиях и подразделениях нефтегазоперерабатывающей промышленности.

#### **Теоретическая часть:**

Тарелки представляют собой такой тип контактного устройства, на котором контакт (и соответственно тепло- и массообмен) пара и жидкости осуществляется в барботажном струйном или вихревом режиме. Эти режимы контакта определяются конструктивным устройством тарелки. В отличие от насадок, где контакт пара и пленки жидкости непрерывен вдоль всей высоты слоя насадки (противотоком), в тарельчатой колонне этот контакт дискретно осуществляется на каждой тарелке, после чего обе фазы разделяются и вступают в новый контакт на смежных тарелках - пар на вышележащей, а жидкость - на нижележащей.

Конструкций ректификационных тарелок, так же как и насадок, очень много, но основные из них, которые нашли или могут найти применение в колоннах АВТ, показаны схематично на рисунок.

Простейшая из них - решетчатая провальная тарелка 1, полотно которой имеет геометрически упорядоченные ряды щелей (размерами примерно 10x150 мм), через которые вверх проходит пар,

барботируя через слой жидкости на тарелке, и через которые часть избыточной жидкости стекает (проваливается) струями на нижележащую тарелку. Наиболее важный показатель для решетчатых тарелок - относительное свободное ("живое") сечение тарелки, т. е. отношение сечения щелей к сечению колонны при различном шаге щелей.

Такая тарелка (при заданном живом сечении) очень чувствительна к изменению нагрузки по жидкости, при изменениях которой от расчетной на 20-30% тарелка может либо захлебнуться, либо не удерживать на полотне слой жидкости. Такой же эффект будет иметь место и при колебаниях нагрузки по парам.

Решетчатая тарелка применяется в ректификационных колоннах малого диаметра (1,0-1,4 м) в химической промышленности.

Дырчатая волнообразная тарелка (рис. II) является усовершенствованной решетчатой. Полотно ее имеет не щели, а отверстия диаметром 10-15 мм. Профиль полотна в разрезе - синусоидальный. Это позволяет разделить зоны преимущественного прохода пара (верхние изгибы тарелки) и стока жидкости (нижние изгибы полотна тарелки). Слой жидкости на тарелке удерживается выше верхних изгибов, и потому пар барботирует через этот слой. Тарелка рассчитана на колонны малого диаметра и применяется в колоннах стабилизации бензина и разделения углеводородных газов.

Обе тарелки (I и II на рис.) являются провальными, и колонна с такими тарелками работает в режиме противотока пара и жидкости. Остальные из показанных на рисунке тарелок являются перекрестноточными, т. е. жидкость на них движется не навстречу потоку пара, а перпендикулярно или под углом, близким к прямому.

Простейшей из тарелок такого типа является ситчатая (дырчатая) перекрестноточная тарелка. Полотно ее имеет отверстия диаметром 8-12 мм по всей площади, кроме двух противоположных сегментов, где находятся сливные трубы. Эти трубы приподняты над полотном тарелки на высоту 20-40 мм (высоту слива - высоту барботажного слоя жидкости на тарелке), а другим (нижним) своим концом не доходят до полотна тарелки также на 30-50 мм. Для того чтобы поток пара не попадал в сливную трубу, нижний ее конец погружен в слой жидкости высотой не более 50 мм, создаваемый подпорной планкой перед перфорированной частью тарелки. Образующийся при этом гидрозатвор не позволяет парам попадать в сливную трубу. Переливное устройство может быть не только в виде сливных труб, но и в виде сегментной перегородки (IV, рис.), отсекающей от парового пространства сегментный объем, через который жидкость переливается с одной тарелки на другую.

В сливных трубах (или сегменте) уровень жидкости обычно выше уровня на нижележащей тарелке на величину, уравнивающую гидравлическое сопротивление тарелки. Поэтому расстояние между тарелками не может быть меньше, чем этот столб жидкости в сливном устройстве.

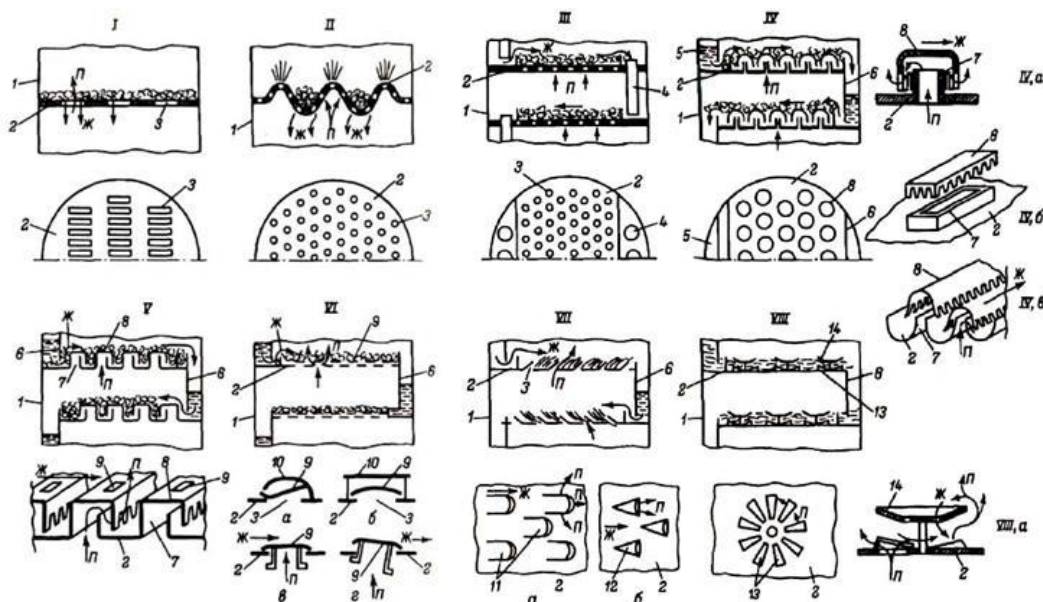


Рисунок - Основные типы ректификационных тарелок: I - решетчатая провальная; II - ситчатая провальная; III - ситчатая перекрестноточная; IV - колпачковая (а, б, в - капсюльный, туннельный и желобчатый колпачки); V - из S-образных элементов; VI - клапанная (а, б, в, г); VII - струйная (а, б); VIII - вихревая (а - устройство вихревого элемента); 1 - корпус колонны; 2 - полотно (основание) тарелки; 3 - отверстия для прохода паров; 4 - переливные трубы; 5 - сливные сегментные карманы; 6 - сливные пластины (перегородки); 7 - паровые патрубки; 8 - колпачки; 9 - клапаны; Ю - ограничители подъема клапана; 11, 12 - фасонные отгибы полотна тарелки; 13 - просечки вихревого элемента; 14 - отражатели (п и ж - направления движения пара и жидкости)

С другой стороны, расстояние между тарелками (шаг тарелок) реально устанавливают с учетом следующих факторов:

- сепарации брызг жидкости из парового потока, выходящего из барботажного слоя, и сокращения за счет этого уноса жидкости на вышележащую тарелку;
- возможности доступа человека в межтарельчатое пространство при ремонте и осмотре тарелок.

Ситчатые тарелки (рис. III) используют в колоннах небольшого диаметра (до 2,0 м) при ректификации легких фракций нефти. В последние 10-15 лет появились варианты ситчатых тарелок, полотно которых выполнено из просечновытяжного листа. Такие тарелки имеют очень малое гидравлическое сопротивление (0,1-0,2 кПа) и обеспечивают достаточно высокую эффективность массообменных процессов, что позволяет использовать их в промышленных вакуумных колоннах АВТ диаметром до 10 м. Недосток таких тарелок (как и других вариантов ситчатой тарелки) состоит в том, что при малейшей негоризонтальности или местных выпуклостях или вмятинах полотна тарелки она работает неравномерно по всей площади - в нижележащих точках проваливается жидкость, а в вышележащих - проскакивает без барботажа пар. В результате снижается эффективность тарелки.

Одним из старейших по длительности использования и массовых до сих пор типов тарелок

является колпачковая тарелка (рис. IV) с круглыми (капсюльными) колпачками. Ее отличие от предыдущих - наличие у каждого отверстия для прохода паров патрубка 7 определенной высоты, над которыми укреплен колпачок 8 с прорезями для прохода паров по всему нижнему его краю. Такое устройство позволяет ввести поток пара в слой жидкости на тарелке параллельно ее плоскости и раздробленным на множество мелких струй. Кроме того, встречные струи от соседних колпачков, соударяясь, создают завихрения в межколпачковой зоне, в результате чего повышается эффективность тарелки. Действительно, в подавляющем большинстве случаев средний к.п.д. такой тарелки на практике оказывается наибольшим - 0,6-0,8 (под к.п.д. в данном случае понимают отношение числа теоретических ступеней контакта паровой и жидкой фаз к числу реальных тарелок, на которых достигается одинаковое разделение компонентов сложной смеси).

Существует большое число модификаций колпачковой тарелки, различающихся устройством или формой колпачков. Три из таких модификаций показаны на рисунке (IV, а; IV, б и IV, в). Первая из них - это описанная выше тарелка с круглыми колпачками. Такая тарелка универсальна, она нашла применение в различных колоннах - от колонн газоразделения до атмосферных и вакуумных на АВТ. В последних она используется редко из-за большой металлоемкости тарелки, сложности изготовления и монтажа.

Вторая модификация (IV, б) - это тарелка с литыми или штампованными прямоугольными (туннельными) колпачками, использовавшаяся в 1930-40-е годы в колоннах фирмы "Фостер- Уиллер" (США) для разделения мазута на масляные фракции.

Третья модификация (IV, в) - это желобчатая тарелка, особенностью которой является отсутствие полотна тарелки. Вместо него установлены стальные желоба 2, между которыми образуются щели для прохода паров. Щели накрыты колпачками 8, имеющими по своим краям прорези, длина каждого колпачка соответствует длине щели между желобами. Жидкость движется вдоль желобов к сливу; а пары барботируют через щели колпачков. В 1940-60-е годы такая тарелка получила очень широкое применение в колоннах АВТ диаметром от 1 м до 7 м, главным образом из-за большей простоты монтажа и демонтажа по сравнению с тарелкой IV, а; однако по металлоемкости желобчатая тарелка имеет мало преимуществ, а по среднему к.п.д. даже заметно ей уступает (0,3 - 0,5). В настоящее время желобчатая тарелка применяется редко и сохранилась лишь в старых ректификационных колоннах, не подвергшихся реконструкции.

На замену колпачковых и желобчатых тарелок в нефтепереработке в 1960-70-е годы пришли два новых типа тарелок - из S-образных элементов (V) и клапанная (VI).

Оригинальность тарелки из S-образных элементов состоит в том, что у нее полотно и колпачки образуют одинаковые элементы (в разрезе - S-образного профиля), но каждый колпачок при этом имеет прорези для прохода паров только с одной стороны, т.е. на единицу площади барботажа тарелки паровой поток вводится в жидкость меньшим (по сравнению с желобчатой тарелкой) "фронтom" дробленых струй. В отличие от желобчатой тарелки жидкость на этой тарелке движется поперек туннельных колпачков, затапливая их.

Тарелки из S-образных элементов нашли очень большое распространение во всех колоннах

АВТ, кроме вакуумных (из-за повышенного гидравлического сопротивления), благодаря малой металлоемкости, простоте изготовления (штамповка) и монтажа в сочетании с высокой эффективностью (средний к.п.д. 0,4-0,7).

Невысокая эффективность тарелок из S-образных элементов отчасти связана, с меньшей долей дробленых струй паров на единицу площади барботажа. Поэтому появилась комбинированная тарелка такого типа, у которой по верхней плоскости колпачков с шагом 100-

120 мм расположены отверстия прямоугольного сечения, перекрытые клапанами, открывающимися по ходу движения жидкости. Это увеличивает барботажный эффект, снижает гидравлическое сопротивление тарелки и в результате повышает ее к.п.д.

Клапанные тарелки (рис. VI) по принципу устройства ближе к дырчатым III, но в отличие от них позволяют регулировать проходное сечение отверстий для паров. Для этого над каждым отверстием (диаметром от 30 до 50 мм) имеется устройство (клапан), который в зависимости от количества паров под их напором приподнимается (или поворачивается) над отверстием, изменяя таким образом проходное сечение для паров.

Однако существует множество разных конструкций клапанных тарелок, различающихся устройством клапанов.

На рисунке VI показано 4 наиболее типичных устройства клапанов: а, б - клапаны с верхними ограничителями подъема (а - поворотный, б - тарельчатый клапан, поднимающийся вертикально); в, г - клапаны с нижними ограничителями подъема - "ножками" (в - с тремя одинаковыми по высоте ножками; г - с тремя разными по высоте ножками: одной - короткой и двумя - длинными). Клапан типа Glitch (в) поднимается вертикально под напором паров, пока отгибы его ножек не упрутся в полотно тарелки. При этом сечение для прохода паров будет максимальным, а движение паров и жидкости - строго перекрестноточным.

Клапан с разными ножками (рисунок) вначале под действием потока пара поднимается со стороны короткой ножки (так как центр тяжести такого клапана смещен в сторону длинных ножек) до тех пор, пока она упрется в полотно. В этом положении (рис. 1.5.5, а) поток паров вводится под углом к плоскости тарелки навстречу движущемуся потоку жидкости, т. е. тарелка работает в противоточном режиме. При последующем увеличении количества паров клапан поднимается со стороны длинных ножек (точнее, поворачивается вокруг точки упора - короткой ножки), и когда плоскости клапана и полотна тарелки становятся параллельными (положение "б" на рис. 1.5.5), тарелка, как и в случае с клапаном Glitch, работает в режиме перекрестного тока жидкости и паров. Если количество паров продолжает расти, то клапан поворачивается вокруг точки упора дальше и в конце концов упирается в полотно всеми тремя ножками ("в" на рис. 1.5.5), принимая наклонное положение, при котором большее проходное сечение для паров расположено по ходу жидкости, т.е. тарелка работает в этом случае как прямоточная

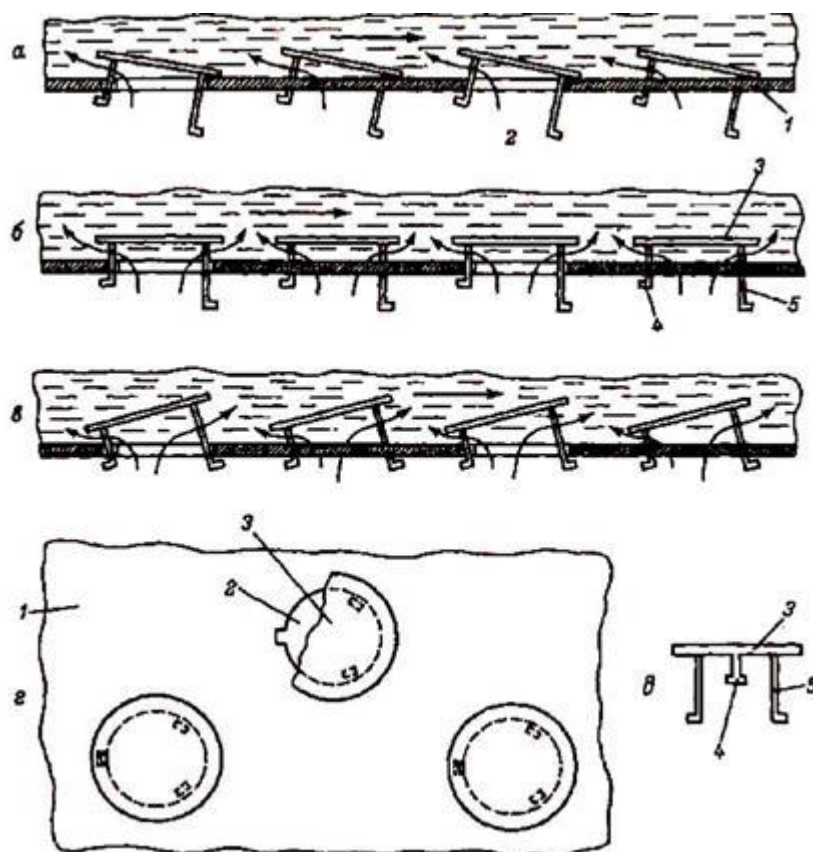


Рисунок - Фрагмент сечения и схема работы клапанной перекрестно-прямоточной тарелки: а, б, в - вид сечения сбоку при малой (противоток), средней (перекрестный ток) и повышенной прямоток) нагрузке тарелки по парам соответственно; г - вид клапанов сверху; д - вид клапана со стороны короткой ножки; 1 - полотно тарелки; 2 - отверстия для клапанов; 3 - клапаны; 4 - короткие ножки; 5 - длинные ножки (стрелками показаны направления движения жидкости и паров)

Клапанные тарелки сочетают в себе ряд преимуществ (малая металлоемкость, простота сборки, равномерный барботаж в широком интервале нагрузок по пару и жидкости и др.), которые позволили им стать самым распространенным типом тарелки начиная с 1970-х годов и до настоящего времени эти тарелки применяют практически во всех типах колонн нефтепереработки - от газоразделительных до вакуумных.

Струйные тарелки (рис. VII) представляют собой полотно толщиной 3-5 мм, в котором выштампованы отверстия различной конфигурации с отгибом лепестков под определенным углом. Наиболее типичные варианты таких тарелок показаны на рисунке: а - с отогнутыми лепестками в виде прямоугольников с округленными углами, б - в виде конусных выпуклостей (типа "суфлерской будки") с отверстиями в одну сторону. Барботаж на таких тарелках происходит в режиме перекрестно-прямоточного тока, при котором динамическая энергия потока пара используется для интенсификации движения жидкости по тарелке.

Струйные тарелки рассчитаны на применение в тех случаях, когда нагрузка колонны по потоку паров достаточно высока, поэтому они нашли большее применение в колоннах газоразделения. За счет ввода паров в слой жидкости под углом к плоскости тарелки унос капель жидкости на вышележащую тарелку значительно ниже, чем у перекрестноточных тарелок.

Вихревая тарелка (рис. VIII) - пример тарелки с интенсивным смешением пара и жидкости на тарелке при пониженном уносе капель с нее. На полотне такой тарелки в окружностях диаметром 100-120 мм выштампованы в радиальных направлениях отверстия с отогнутыми лепестками (VIII, а), а по центру этих окружностей на шпильках установлены отбойные чашечки такого же диаметра (100-120 мм), в дне которых расположено 6-8 отверстий диаметром 5-6 мм. Такие вихревые элементы на полотне располагаются в шахматном порядке с шагом 140-180 мм.

Поток пара, проходя через просечки под углом 40-60° к плоскости тарелки, завихряется в смеси с жидкостью, текущей по полотну тарелки, и эта парожидкостная смесь, ударяясь об отбойные чашечки, сепарируется над ними. Поток паров идет далее в межтарельчатое пространство, а основная часть жидкости выпадает в чашечки и через отверстия в них стекает вновь в зону завихренного барботажного слоя.

Такая тарелка в опытных масштабах показала малое гидравлическое сопротивление, сочетающееся с высокой массообменной эффективностью, что отвечает основным требованиям для тарелок вакуумных колонн.

Для всех рассмотренных типов тарелок факторами, определяющими область их применения и эффективность работы, являются:

- гидравлическое сопротивление;
- равномерность и интенсивность барботажа по площади тарелки;
- диапазон нагрузок по пару и жидкости, в котором тарелка работает нормально (без провала жидкости и интенсивного уноса капель);
- средний к.п.д.
- производительность;
- возможность работы на средах, склонных к образованию смолистых и других отложений;
- материалоемкость;
- простотой конструкции, удобством изготовления, монтажа и ремонта.

#### **Вопросы и задания:**

1. Какие виды тарелок вы знаете?
2. Опишите принципы строения S-образных тарелок?
3. Опишите принципы строения колпачковых тарелок
4. Опишите принципы строения клапанных тарелок
5. Опишите принципы строения струйных тарелок
6. Опишите принципы строения вихревой тарелки
7. Каким параметрам должна отвечать контактное устройство?

#### **Список литературы:**

1. Вержичинская, С. В. Химия и технология нефти и газа : учеб. пособие / С. В. Вержичинская, Н. Г. Дигуров, С. А. Синицин. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ФОРУМ, 2009. – 400 с.

2. Технология переработки нефти : в 2 ч. : учеб. пособие / [О. Ф. Глаголева, В. М. Капустин, Т. Г. Гюльмисарян [и др.]] ; под ред. О. Ф. Глаголевой, В. М. Капустина, Ч.1, Первичная переработка нефти. – М. : Химия : КолосС, 2005. – 400 с. – Гриф: Доп. МО.

3. Жирнов, Б.С. Первичная переработка нефти : учеб. пособие / Б.С. Жирнов, Н. Г. Евдокимова ; Мин-во образования и науки, ГОУ ВПО Уфимский гос. нефт. техн. ун-т. - Уфа : УГНТУ, 2005. - 167 с. : ил., табл. - Гриф: Доп. УМО.

4. Мановян, А. К. Технология первичной переработки нефти и природного газа : учеб. пособие для вузов / А. К. Мановян. – 2-е изд., испр. – М. : Химия, 2001. – 568 с.

## **Практическое занятие № 5. Материальный баланс первичной перегонки нефти**

**Цель:** Приобретение знаний и практических навыков в современных условиях развития альтернативных технологий в нефтегазоперерабатывающей промышленности.

**Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части:**

**Знания:** знать принцип работы технических средств для измерения основных параметров технологического процесса, свойства сырья и продукции, конкретные технические решения при разработке технологических процессов, технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения

**Умения:** уметь осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения

**Компетенции или их части:**

- Способен обеспечить технологическое сопровождение процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-1)

- Способен обеспечить документационное сопровождение разработки и внедрения мероприятий по повышению эффективности технологического процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-2)

**Актуальность темы:** Знания и умения, полученные в ходе практического занятия, будут использованы при написании дипломной работы бакалавра, и при дальнейшей их производственной деятельности для получения моторных топлив из альтернативных источников сырья на предприятиях и подразделениях нефтегазоперерабатывающей промышленности.

### **Теоретическая часть:**

Выбор направления переработки нефти определяется ее физико-химической характеристикой в первую очередь, а также потребностями в товарных продуктах данного конкретного региона. Существует три основных варианта переработки нефти:

- 1- топливный, для производства моторных и котельных топлив;
- 2- топливно-масляный, когда кроме моторных топлив из нефти получают смазочные масла;
- 3- нефтехимический, когда кроме топлив и масел производится сырье для органического синтеза, производства азотных и фосфорных удобрений, пластмасс, моющих веществ и др. Это более сложный и дорогостоящий способ переработки нефти.

Исходной информацией для ППН является индексация нефти, т.е.:

- класс нефти (содержание серы-до 0,5%, 0.51-2.0%, выше 2%),
- тип нефти (содержание фракций до 3500С: выше 55%, 54.9-45%, менее 45%),
- группа нефти (по содержанию масел в % на нефть или мазут),
- подгруппа нефти (по индексу вязкости масел -от 95 до 85 и ниже),
- вид нефти (по содержанию твердого парафина от 1.5 до 6% и выше).

ППН осуществляется на АТ или АВТ, в состав которых входит несколько блоков:

- блок обессоливания и обезвоживания нефти,
- блок атмосферной и вакуумной перегонки,
- блок стабилизации бензина,
- блок вторичной перегонки бензина на узкие фракции, -блок зашлакачивания бензина и дизельного топлива.

Назначение первого блока - глубокое обезвоживание и обессоливание нефти до остаточного содержания солей не более 5 мг/л. Для этого используют электротермохимический метод. После блока ЭЛОУ нефть поступает на атмосферную ректификацию.

В нефтепереработке различают следующие типы установок. В зависимости от давления в РК установки для перегонки нефти подразделяются на атмосферные (АТ), вакуумные (ВТ) и атмосферно-вакуумные АВТ).

По числу ступеней испарения: одно-, 2-х, 3-х, 4-х кратного испарения.

На установках однократного испарения из нефти в одной РК при атмосферном давлении получают все дистилляты - от бензина до масляных. Остатком перегонки является гудрон. На установках 2-х кратного испарения перегонка до гудрона осуществляется в две ступени: при атмосферном давлении нефть перегоняется до мазута, который затем перегоняется в вакууме до гудрона.

Двухкратное испарение нефтей до мазута может осуществляться при атмосферном давлении в двух РК: в первой отбирают только бензин, остатком является отбензиненная нефть, во второй отбензиненная нефть перегоняется до мазута.

На установках трехкратного испарения перегонка осуществляется в трех колоннах: двух атмосферных и одной вакуумной (АВТ).

Установка четырехкратного испарения - это АВТ с отбензинивающей атмосферной колонной. Комбинированные установки - когда в одной установке сочетается несколько процессов. Возможны различные комбинации: ЭЛОУ-АВТ, АВТ-вторичная перегонка бензина или другие вторичные процессы (крекинг, риформинг и др.)

#### **Вопросы и задания:**

1. Основные варианты переработки нефти.
2. Использование водяного пара
3. Особенности применения горячей струи

#### **Список литературы:**

1. Вержичинская, С. В. Химия и технология нефти и газа : учеб. пособие / С. В. Вержичинская, Н. Г. Дигуров, С. А. Синицин. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ФОРУМ, 2009. – 400 с.
2. Технология переработки нефти : в 2 ч. : учеб. пособие / [О. Ф. Глаголева, В. М. Капустин, Т. Г. Гюльмисарян [и др.]] ; под ред. О. Ф. Глаголевой, В. М. Капустина, Ч.1, Первичная переработка нефти. – М. : Химия : КолосС, 2005. – 400 с. – Гриф: Доп. МО.
3. Жирнов, Б.С. Первичная переработка нефти : учеб. пособие / Б.С. Жирнов, Н. Г. Евдокимова ; Мин-во образования и науки, ГОУ ВПО Уфимский гос. нефт. техн. ун-т. - Уфа : УГНТУ, 2005. - 167 с. : ил., табл. - Гриф: Доп. УМО.
4. Мановян, А. К. Технология первичной переработки нефти и природного газа : учеб. пособие для вузов / А. К. Мановян. – 2-е изд., испр. – М. : Химия, 2001. – 568 с.

## **Практическое занятие № 6. Блок атмосферной перегонки нефти**

**Цель:** Приобретение знаний и практических навыков в современных условиях развития альтернативных технологий в нефтегазоперерабатывающей промышленности.

**Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части:**

**Знания:** знать принцип работы технических средств для измерения основных параметров технологического процесса, свойства сырья и продукции, конкретные технические решения при разработке технологических процессов, технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения

**Умения:** уметь осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения

**Компетенции или их части:**

- Способен обеспечить технологическое сопровождение процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-1)

- Способен обеспечить документационное сопровождение разработки и внедрения мероприятий по повышению эффективности технологического процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-2)

**Актуальность темы:** Знания и умения, полученные в ходе практического занятия, будут использованы при написании дипломной работы бакалавра, и при дальнейшей их производственной деятельности для получения моторных топлив из альтернативных источников сырья на предприятиях и подразделениях нефтегазоперерабатывающей промышленности.

**Теоретическая часть:**

Установка двухкратного испарения нефти приводится на рисунке. Для этих установок характерно предварительное частичное испарение нефти (в т/о) перед поступлением в печь. Нефть разделяется на 4 дистиллятные фракции и мазут. Побочным продуктом является газ.

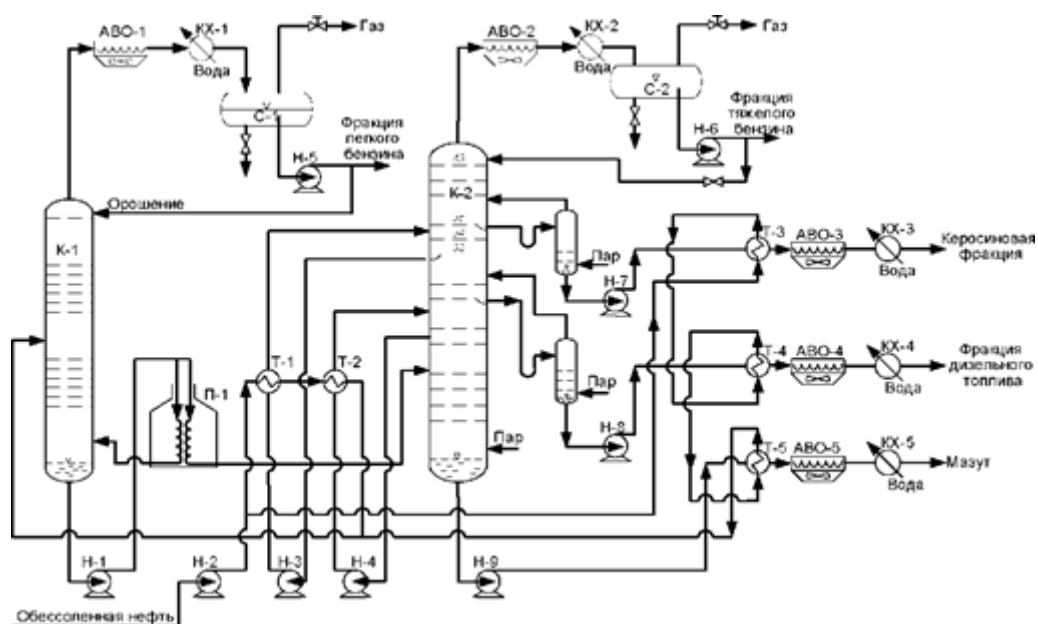


Рисунок - Технологическая схема установки атмосферной перегонки нефти

Первая колонна - простая, вторая - сложная. Верхний продукт первой колонны-легкая бензиновая фракция и газ, остальные продукты получают во второй колонне. Обе колонны обслуживаются одной печью.

Обессоленная нефть проходит теплообменники, нагревается до 200-220 °С и поступает в среднюю часть K-1, давление в K-1 достигает 0,45 МПа. Пары легкого бензина (КК=85 или 160 °С)

конденсируются в КХ-1, продукты из КХ разделяются в сепараторе, бензин насосом направляется на блок стабилизации и вторичной перегонки, а часть его возвращается в K-1 в качестве орошения. Отбензиненная нефть с низа K-1 насосом прокачивается через П-1, часть ее направляется в

K-1 в виде «горячей струи», а остальная нефть в парожидком состоянии в основную K-2. С верха K-2 выводится тяж.бензин, фракции 140-240 °С (140-220 °С) и 240-3 5 00С (220-3 5 00С) выводятся из отпарных колонн, под нижнии тарелки которых вводится перегретый водяной пар. Мазут, освобожденный от НКК фракций (за счет продувки В.П.), с низа K-2 направляется через т/щ и АВО в резервуары.

Режим работы установки. Температура 0С: -подогрева нефти в т/о 200-220;

-подогрева отбензиненной нефти в печи 330-360; -паров из K-1 120-140;

- внизу K-1 240-260; -паров из K-2 120-130;

- низа K-2 340-355. Давление, Мпа: -в K-1 0,4-0,5;

-в K-2 0,15-0,2.

Материальный баланс установки зависит от состава нефти

| Взято, % масс.     | Ромашкинская | Самотлорская |
|--------------------|--------------|--------------|
| Нестабильная нефть | 100          | 100          |
| Вода эмульсионная  | 0,1          | 0,1          |
| Итого              | 100,1        | 100,1        |
| Получено, % масс.  |              |              |

|                         |       |       |
|-------------------------|-------|-------|
| газ                     | 1,0   | 1,1   |
| Бензиновая фр. н.к.-140 | 12,2  | 18,5  |
| Керосиновая фр. 140-240 | 16,3  | 17,9  |
| Дизельная фр. 240-350   | 17,0  | 20,3  |
| Мазут >350              | 52,7  | 41,4  |
| потери                  | 0,9   | 0,9   |
| итого                   | 100,1 | 100,1 |

#### **Вопросы и задания:**

1. Режим работы установки
2. Температурный режим
3. Какое давление в колоннах
4. Описать технологическую схему установки

#### **Список литературы:**

1. Вержичинская, С. В. Химия и технология нефти и газа : учеб. пособие / С. В. Вержичинская, Н. Г. Дигуров, С. А. Синицин. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ФОРУМ, 2009. – 400 с.
2. Технология переработки нефти : в 2 ч. : учеб. пособие / [О. Ф. Глаголева, В. М. Капустин, Т. Г. Гюльмисарян [и др.]] ; под ред. О. Ф. Глаголевой, В. М. Капустина, Ч.1, Первичная переработка нефти. – М. : Химия : КолосС, 2005. – 400 с. – Гриф: Доп. МО.
3. Жирнов, Б.С. Первичная переработка нефти : учеб. пособие / Б.С. Жирнов, Н. Г. Евдокимова ; Мин-во образования и науки, ГОУ ВПО Уфимский гос. нефт. техн. ун-т. - Уфа : УГНТУ, 2005. - 167 с. : ил., табл. - Гриф: Доп. УМО.
4. Мановян, А. К. Технология первичной переработки нефти и природного газа : учеб. пособие для вузов / А. К. Мановян. – 2-е изд., испр. – М. : Химия, 2001. – 568 с.

## **Практическое занятие № 7. Блок вакуумной перегонки мазута**

**Цель:** Приобретение знаний и практических навыков в современных условиях развития альтернативных технологий в нефтегазоперерабатывающей промышленности.

**Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части:**

**Знания:** знать принцип работы технических средств для измерения основных параметров технологического процесса, свойства сырья и продукции, конкретные технические решения при разработке технологических процессов, технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения

**Умения:** уметь осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения

**Компетенции или их части:**

- Способен обеспечить технологическое сопровождение процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-1)
- Способен обеспечить документационное сопровождение разработки и внедрения мероприятий по повышению эффективности технологического процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-2)

**Актуальность темы:** Знания и умения, полученные в ходе практического занятия, будут использованы при написании дипломной работы бакалавра, и при дальнейшей их производственной деятельности для получения моторных топлив из альтернативных источников сырья на предприятиях и подразделениях нефтегазоперерабатывающей промышленности.

### **Теоретическая часть:**

Назначение - производство масляных дистиллятов менее широкого фракционного состава.

Вакуумные установки (ВТ) делятся на топливные и масляные.

На топливных установках из мазута отбирают широкую фракцию до 5500С - вакуумный газойль, который используют в качестве сырья для установок КК или гидрокрекинга. Требования к четкости погоноразделения при отборе широкой фракции менее строгие, чем при отборе масляных дистиллятов: необходимо предотвратить попадание мельчайших капелек гудрона в газойль, чтобы в нем не повысилось содержание металлоорганических соединений, отравляющих катализаторы вторичных процессов и не возросло коксообразование. Для этого используют отбойники и противопенные добавки силиконов. Число тарелок: 4 - в отгонной секции и 8- в укрепляющей. Вакуум - 700-800 мм рт ст.

На масляных установках устанавливают большее число тарелок до 8 на каждый дистиллят. Для более четкого разделения масляных фракций мазут перегоняют на двухколонных установках (рисунок

4.3). В первой колонне К-1 отбирают широкую масляную фракцию, а во второй К-2 с большим числом тарелок эту фракцию разделяют на более узкие.

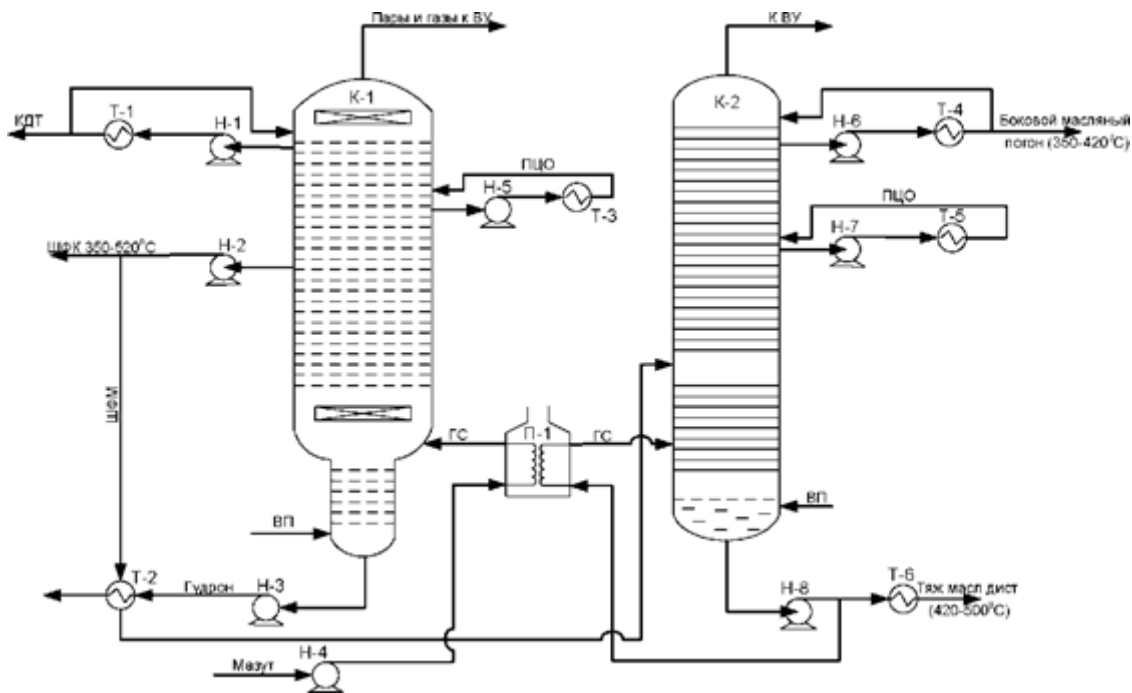


Рисунок - Вакуумная перегонка мазута по масляному варианту КДТ - компонент дизтоплива; ШФК- широкая масляная фракция как сырье каталитического крекинга; ШФМ- широкая фракция для получения масляных дистиллятов. Режим работы установки. Давление на верху К-1 и К-2 40 мм рт.ст. Температура 0С: верх К-1 70-90; К-2 90.

- Низ К-1 390; К-2 340.
- Отходы нефтепереработки :
1. сточная вода ЭЛОУ, соли - 10-30 г/л, рН=7-7,5, деэмульгатор - на очистку;
  2. конденсат водяного пара - направляется на блок ЭЛОУ как промывная вода, далее на очистку;
  3. неконденсируемый газ из эжектора - легкие углеводороды, H<sub>2</sub>S, воздух, водяной пар - в топку трубчатых печей для дожиг.

Материальный баланс первичной перегонки нефти

Материальный баланс первичной перегонки нефти - выход (% мас) всех конечных продуктов от исходной нефти, количество которой принимают за 100%.

Отбор суммы светлых дистиллятов -

I. Абсолютный - суммарный фактический отбор дистиллятов, выкипающих до 3500С, зависит от фракционного состава нефти.

Относительный - отношение абсолютного отбора суммы светлых к потенциальному их содержанию в нефти. Зависит от работы ректификационной колонны

| Продукт перегонки | Выход, % мас | Назначение |
|-------------------|--------------|------------|
|-------------------|--------------|------------|

|                                                                                              |                                                                        |                                                                                                                                                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| нефть                                                                                        | 100%                                                                   | На ЭЛОУ-АВТ, соли 50-300 мг/л,<br>вода 0,5-1,0%                                                                                                                                  |
| Газ, C <sub>1</sub> -C <sub>4</sub> , C <sub>5</sub>                                         | Легкая нефть<br>(0,8-0,85)-1,8%<br>Тяжелая - до 0,8%<br>Стабильная -0  | Топливо для печей на АВТ                                                                                                                                                         |
| Газ стабилизации бензина, C <sub>1</sub> -C <sub>3</sub>                                     | 0,1-0,2%                                                               | Топливо для печей                                                                                                                                                                |
| Сжиженная головка стабилизации бензина, C <sub>3</sub> -C <sub>4</sub> , C <sub>5</sub>      | 0,2-0,3%                                                               | Компонент сжиженного бытового газа или газового моторного топлива для автомобилей                                                                                                |
| Легкая головка бензина НК-85, оч<70                                                          | 4-6%                                                                   | Для приготовления нефт.р-лей или на изомеризацию с целью повышения оч до 82-85                                                                                                   |
| Бензиновая фракция 85-180 оч=45-55                                                           | 10-14%                                                                 | На кат.реформинг (превращение н-алканов в аромат.) с повыш оч=88-92                                                                                                              |
| Керосин :<br>1. авиакеросин - 140-230<br>2. компонент зимнего или арктич.диз.топлива 140-280 | 10-12% 14-18%                                                          | Реактивное топливо ТС-1<br>Как компонент зимнего или арктич.топлива, если проходит по сере, t помут.и застывания или направляется на очистку от S и депар.(выделение н- алканов) |
| Диз.топливо                                                                                  | 22-26%, если отбирается авиакеросин, 10-12% - если зимн.или арктич. ДТ | Является компонентом зимнего или летнего ДТ непосредственно, если проходит по сере . t помутн.                                                                                   |

|                                                                                    |                         |                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Легкая газойлевая фракция 100-25 °С - результат частичной деструкции мазута в печи | 0,5-1,0%                | Как компонент ДТ, если последнее направляется на гидроочистку от серы или направляют в легкое котельное топливо.               |
| Легкий вакуумный газойль - 240-380 °С                                              | 3-5%                    | Смешивается с легким ДТ                                                                                                        |
| Вакуумный газойль-350-500 °С Масляный вариант<br>1. -350-420 °С<br>2. -420-500 °С  | 21-25%<br>10-14% 12-16% | Сырье кат.крекинга для получения высокооктанового бензина или гидрокрекинга для получения авиакеросина, высокоиндексных масел. |
| Гудрон - более 500 °С остаточная часть нефти                                       | 10-20%                  | Компонент тяж.котельного топлива, сырье для получения базового ост.масла                                                       |

### Продукты первичной перегонки нефти

При прямой перегонке нефти получают следующие фракции (с условными пределами выкипания) по преимущественному содержанию целевых компонентов:

Бензиновые н.к - 180, используется как сырье установок вторичной перегонки бензина.

Можно разделить на более мелкие фракции:

н.к. - 62 62 - 85 85 - 120 120 - 140 140 - 180

Керосиновые 180 - 240 (120-240) как реактивное топливо, а фр. 150-300 - как осветительный керосин или компонент ДТ.

Фракция ДТ 240-350 (180-350) - после очистки используется в качестве ДТ (зимнего - легкого или летнего - тяжелого), фр.200-220 парафинистых нефтей используется для производства БВК (белково-витаминных концентратов).

Керосино-газойлевая фракция 120-370 используется в качестве сырья установок КК и гидрокрекинга (ГК).

Атмосферный газойль 330-360 затемненный продукт, получается на АВТ по топливному варианту. Используется в смеси с вакуумным газойлем в качестве сырья установок КК.

Мазут >330 (облегченный как котельное топливо) или >360 (утяжеленный) - для последующей переработки на масляные фр. до гудрона или как сырье установок ГК..

Широкая масляная фр.(вакуумный газойль) 350-500 или 350 - 550, используется как сырье установок КК и ГК.

Узкие масляные фракции 350-400, 400-450, 450-500 после очистки от сернистых соединений,

ароматических и парафиновых используется для производства смазочных масел.

*Гудрон* остаток вакуумной перегонки мазута - используется для производства электродного кокса, битума или остаточных масляных фракций.

**Вопросы и задания:**

1. Какие фракции отбирают на установках вакуумной перегонки
2. Опишите схему установки
3. В чем разница отбора фракций масляным методом и топливным
4. Продукты первичной переработки нефти
5. Материальный баланс установки

**Список литературы:**

1. Вержичинская, С. В. Химия и технология нефти и газа : учеб. пособие / С. В. Вержичинская, Н. Г. Дигуров, С. А. Синицин. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ФОРУМ, 2009. – 400 с.
2. Технология переработки нефти : в 2 ч. : учеб. пособие / [О. Ф. Глаголева, В. М. Капустин, Т. Г. Гюльмисарян [и др.]] ; под ред. О. Ф. Глаголевой, В. М. Капустина, Ч.1, Первичная переработка нефти. – М. : Химия : КолосС, 2005. – 400 с. – Гриф: Доп. МО.
3. Жирнов, Б.С. Первичная переработка нефти : учеб. пособие / Б.С. Жирнов, Н. Г. Евдокимова ; Мин-во образования и науки, ГОУ ВПО Уфимский гос. нефт. техн. ун-т. - Уфа : УГНТУ, 2005. - 167 с. : ил., табл. - Гриф: Доп. УМО.
4. Мановян, А. К. Технология первичной переработки нефти и природного газа : учеб. пособие для вузов / А. К. Мановян. – 2-е изд., испр. – М. : Химия, 2001. – 568 с.

## **Практическое занятие № 8. Современные промышленные установки атмосферной перегонки нефти и газоконденсата**

**Цель:** Приобретение знаний и практических навыков в современных условиях развития альтернативных технологий в нефтегазоперерабатывающей промышленности.

**Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части:**

**Знания:** знать принцип работы технических средств для измерения основных параметров технологического процесса, свойства сырья и продукции, конкретные технические решения при разработке технологических процессов, технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения

**Умения:** уметь осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения

**Компетенции или их части:**

- Способен обеспечить технологическое сопровождение процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-1)

- Способен обеспечить документационное сопровождение разработки и внедрения мероприятий по повышению эффективности технологического процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-2)

в ходе практического занятия, будут использованы при написании дипломной работы бакалавра, и при дальнейшей их производственной деятельности для получения моторных топлив из альтернативных источников сырья на предприятиях и подразделениях нефтегазоперерабатывающей промышленности.

### **Теоретическая часть:**

При выборе технологической схемы и режима блока атмосферной перегонки нефти или газового конденсата руководствуются главным образом их фракционным составом и, прежде всего, содержанием в них газов и бензиновых фракций.

Перегонку нефти или газового конденсата на современных атмосферных установках и на атмосферных секциях комбинированных установок осуществляется различными способами. Основные из них следующие: однократное испарение в одной ректификационной колонне; перегонка с предварительным испарением легких фракций в колонне предварительного испарения (испарителе) или эвапораторе; двукратное испарение в двух последовательно расположенных колоннах.

Перегонку стабилизированных нефтей постоянного состава с небольшим количеством растворенных газов (до 1,2% по  $C_4$  включительно), относительно невысоким содержанием бензина (12 - 15%) и выходом фракций до 350 °C не более 45% энергетически наиболее выгодно осуществлять на

установках (блоках) АТ по схеме с однократным испарением, то есть с одной сложной ректификационной колонной с боковыми отпарными секциями (рисунок).

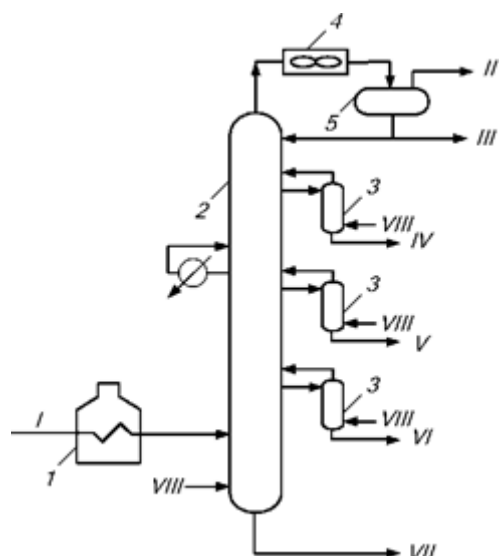


Рисунок - Перегонки нефти по схеме однократного испарения в сложной колонне с отпарными секциями:

1 - трубчатая печь; 2 - сложная колонна; 3 - отпарная секция; 4 - конденсатор воздушного охлаждения; 5 - сепаратор-отстойник

I - нефть; II - углеводородный газ; III - бензин; IV - керосин; V - легкое дизельное топливо;

VI - тяжелое дизельное топливо; VII - мазут; VIII - водяной пар

Установки такого типа широко применяются на зарубежных НПЗ. Они просты и компактны, благодаря осуществлению совместного испарения легких и тяжелых фракций требуют минимальной температуры нагрева нефти для обеспечения заданной доли отгона, характеризуются низкими энергетическими затратами и металлоемкостью. Основной их недостаток - меньшая технологическая гибкость и пониженный (на 2,5 - 3,0%) отбор светлых, по сравнению с двухколонной схемой, требуют более качественной подготовки нефти. На некоторых нефтеперерабатывающих заводах ранее использовались установки первичной перегонки с предварительным испарением легких фракций в пустотелой колонне предварительного испарения (испарителе, эвапораторе) (рисунок).

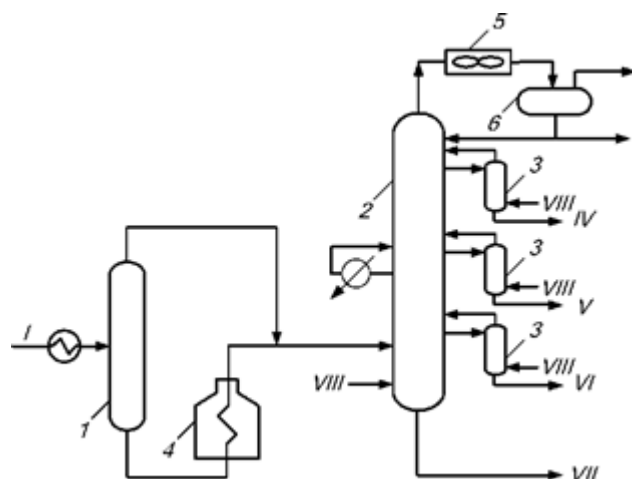


Рисунок - Перегонка нефти по схеме с предварительным однократным испарением: 1 -

предварительный испаритель; 2 - сложная колонна; 3 - отпарная секция; 4 - трубчатая печь; 5 - конденсатор воздушного охлаждения; 6 - сепаратор-отстойник

*I* - нефть; *II* - углеводородный газ; *III* - бензин; *IV* - керосин; *V* - легкое дизельное топливо;

*VI* - тяжелое дизельное топливо; *VII* - мазут; *VIII* - водяной пар

После обезвоживания и обессоливания подготовленная нефть дополнительно нагревается в теплообменнике и поступает в испаритель 1. Испаритель представляет собой пустотелую цилиндрическую колонну, в которой отделяются легкие компоненты. Количество продуктов в паровой фазе зависит от степени предварительного подогрева нефти. С низа испарителя 1 поток полуотбензиненной нефти прокачивается насосом через трубчатую печь и вводится в ректификационную колонну 2. Легкие фракции, отделившиеся в испарителе, также подаются в колонну и вместе с более высококипящими фракциями подвергаются ректификации. В результате предварительного испарения легких фракций разгружается трубчатая печь и снижается давление в ней. При этом не требуются самостоятельные конденсационные устройства для охлаждения паров, выходящих из первой колонны при двухколонной схеме, отпадает необходимость в сложных дополнительных аппаратах, насосах, снижаются энергетические затраты. Такая схема приемлема лишь для переработки стабильных малосернистых нефтей, не содержащих большого количества растворенных газов - не более 1 - 1,5% масс. на нефть. Для перегонки легких нефтей или газовых конденсатов с высоким содержанием растворимых газов (1,5 - 2,2%) и бензиновых фракций (до 20

- 30%) и фракций до 350 °С (50 - 60%) целесообразно применять атмосферную перегонку двухкратного испарения, то есть установки с предварительной отбензинивающей колонной и сложной ректификационной колонной с боковыми отпарными секциями для разделения частично отбензиненной нефти на топливные фракции и мазут (рис. 1.10).

После обезвоживания и обессоливания подготовленная нефть дополнительно нагревается в теплообменнике и поступает в первую ректификационную колонну 1, где с верха ее отбирается легкая бензиновая фракция бензина н. к.-85 °С. Часть остатка из первой колонны 1 - отбензиненная нефть насосом подается через трубчатую печь 4 в низ колонны 1 в качестве горячей струи. Балансовая часть поступает в основную колонну 2, в которой отбираются остальные фракции - компоненты светлых нефтепродуктов и остаток - мазут.

Двухколонные установки атмосферной перегонки нефти или газового конденсата получили в отечественной нефтепереработке наибольшее распространение. Они обладают достаточной технологической гибкостью, универсальностью и способностью перерабатывать сырье различного фракционного состава, так как первая колонна, в которой отбирается 50 - 60% бензина от потенциала, выполняет функции стабилизатора, сглаживает колебания в фракционном составе сырья и обеспечивает стабильную работу основной ректификационной колонны. Применение отбензинивающей колонны позволяет также снизить давление на сырьевом насосе, предохранить частично сложную колонну от коррозии, разгрузить печь от легких фракций, тем самым несколько уменьшить требуемую тепловую ее мощность.

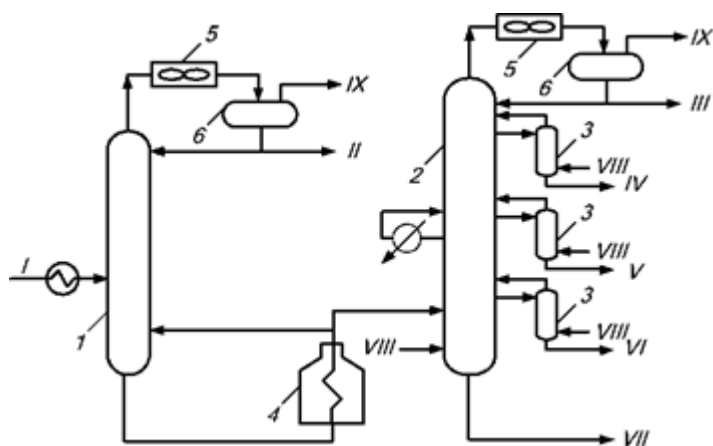


Рисунок - Перегонка нефти по схеме двукратного испарения с частичным отбензиниванием нефти: 1 - колонна под давлением; 2 - атмосферная колонна; 3 - отпарная секция; 4 - трубчатая печь; 5 - конденсатор воздушного охлаждения; 6 - сепаратор-отстойник

I - нефть; II - легкий бензин; III - тяжелый бензин; IV - керосин; V - легкое дизельное топливо; VI - тяжелое дизельное топливо; VII - мазут; VIII - водяной пар; IX - углеводородный газ. Недостатками двухколонной АТ является более высокая температура нагрева отбензиненной нефти, необходимость поддержания температуры низа первой колонны горячей струей, на что требуются затраты дополнительной энергии. Кроме того, установка оборудована дополнительной аппаратурой: колонной, насосами, конденсаторами-холодильниками и т. д.

#### Вопросы и задания:

1. Опишите схему двукратного испарения с частичным отбензиниванием нефти
2. Опишите схему перегонки нефти по схеме с предварительным однократным испарением

3. Перегонка нефти при однократным отбором

#### Список литературы:

1. Вержичинская, С. В. Химия и технология нефти и газа : учеб. пособие / С. В. Вержичинская, Н. Г. Дигуров, С. А. Синицин. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ФОРУМ, 2009. – 400 с.
2. Технология переработки нефти : в 2 ч. : учеб. пособие / [О. Ф. Глаголева, В. М. Капустин, Т. Г. Гюльмисарян [и др.]] ; под ред. О. Ф. Глаголевой, В. М. Капустина, Ч.1, Первичная переработка нефти. – М. : Химия : КолосС, 2005. – 400 с. – Гриф: Доп. МО.
3. Жирнов, Б.С. Первичная переработка нефти : учеб. пособие / Б.С. Жирнов, Н. Г. Евдокимова ; Мин-во образования и науки, ГОУ ВПО Уфимский гос. нефт. техн. ун-т. - Уфа : УГНТУ, 2005. - 167 с. : ил., табл. - Гриф: Доп. УМО.
4. Мановян, А. К. Технология первичной переработки нефти и природного газа : учеб. пособие для вузов / А. К. Мановян. – 2-е изд., испр. – М. : Химия, 2001. – 568 с.

## **Практическое занятие № 9. Основные схемы вакуумной перегонки мазута**

**Цель:** Приобретение знаний и практических навыков в современных условиях развития альтернативных технологий в нефтегазоперерабатывающей промышленности.

**Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части:**

**Знания:** знать принцип работы технических средств для измерения основных параметров технологического процесса, свойства сырья и продукции, конкретные технические решения при разработке технологических процессов, технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения

**Умения:** уметь осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения

**Компетенции или их части:**

- Способен обеспечить технологическое сопровождение процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-1)
- Способен обеспечить документационное сопровождение разработки и внедрения мероприятий по повышению эффективности технологического процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-2)

**Актуальность темы:** Знания и умения, полученные в ходе практического занятия, будут использованы при написании дипломной работы бакалавра, и при дальнейшей их производственной деятельности для получения моторных топлив из альтернативных источников сырья на предприятиях и подразделениях нефтегазоперерабатывающей промышленности.

### **Теоретическая часть:**

Для исключения расщепления высокомолекулярные углеводороды и тяжелые смолистые соединения, входящие в состав мазута, с образованием кокса, газов разложения и более легких углеводородов, перегонку мазута осуществляют при пониженном давлении. (порядка 20-40 мм рт.ст.).

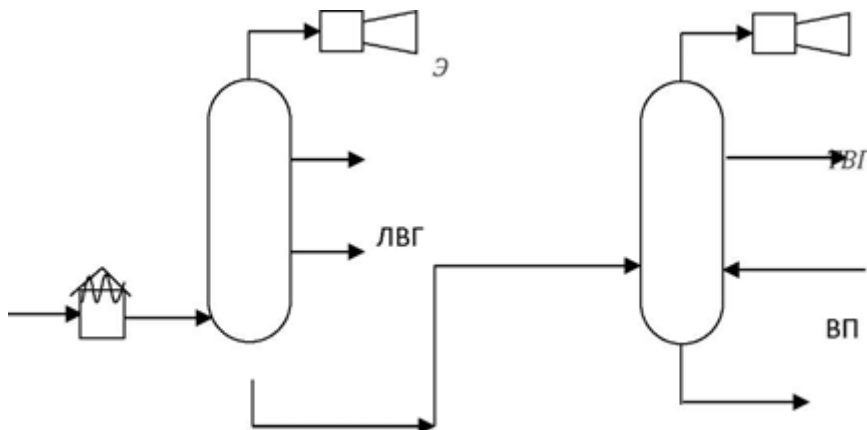
Вакуум создается специальными аппаратами - за счет конденсации водяных паров в вакуумсоздающей системе и отсасывания несконденсировавшейся части нефтяных паров и газов. В промышленности реализуется, в основном, две схемы:

-перегонка мазута с однократным испарением всех фракций и разделением их в одной вакуумной колонне;

-перегонка мазута с двухкратным испарением и разделением отгоняемых фракций в двух вакуумных колоннах.

II. *Глубокая* - (топливный вариант) - двухступенчатая, подают гудрон первой ВК во вторую, где производят доотгон дистиллятов за счет промежуточного нагрева гудрона из ВК-1

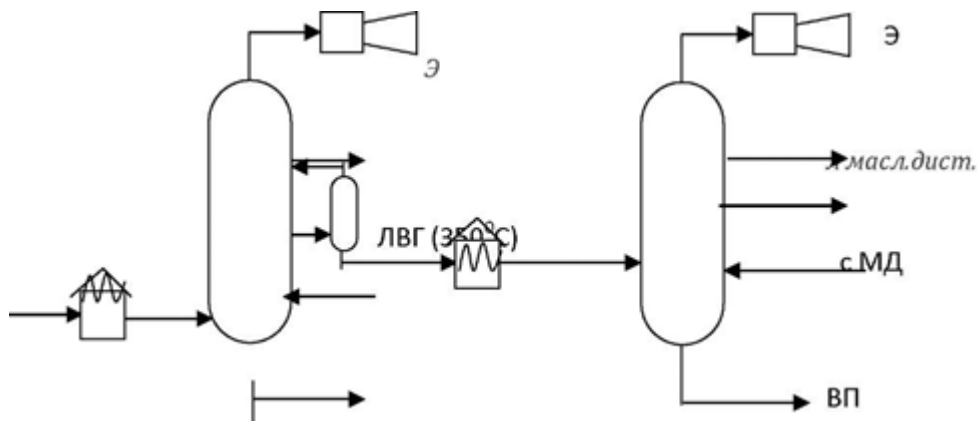
и углубление вакуума во ВК-2. На этих установках добиваются тах выхода вакуумных дистиллятов для топливных целей. Получаемые дистилляты имеют  $t_k=540-620^{\circ}\text{C}$ ,  $P=0,006-0,033$  Мпа. Эти фракции выделяют из гудронов и мазутов и получают утяжеленные остатки для производства битума и кокса.



III.

IV. *Топливо-масляный вариант* -получение узких масляных фракций (масляные фр.-350- 550 $^{\circ}\text{C}$ ) - основы для получения масел.

Если необходимо получить сырье для производства масел - предпочтительна схема двухколонной вакуумной перегонки. В первой колонне выделяют широкую масляную фракцию от тяжелого остатка - гудрона. Фракция 350-520 $^{\circ}\text{C}$  поступает в К-2 на разделение на узкие масляные фракции.



Для получения масел высокого качества из масляных нефтей получают фракции 350-400 (лмд), 400-450 (смд), 450-500 (тмд). Давление в секции питания 0,013-0,033 Мпа, вверху -0,006- 0,01 Мпа,  $t$  нагрева мазута 400-420 $^{\circ}\text{C}$ , пар - 5-10% на гудрон.

Выбор схемы переработки нефти определяется составом нефти и ассортиментом полученных дистиллятов. В каждом конкретном случае выбор схемы установки является результатом многофакторного экономического анализа (качество сырья, потребности региона в ассортименте и количестве нефтепродуктов и др.)

#### Вопросы и задания:

1. Чем создается вакуум
2. Чем определяется выбор схемы?

### **Список литературы:**

1. Вержичинская, С. В. Химия и технология нефти и газа : учеб. пособие / С. В. Вержичинская, Н. Г. Дигуров, С. А. Синицин. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ФОРУМ, 2009. – 400 с.
2. Технология переработки нефти : в 2 ч. : учеб. пособие / [О. Ф. Глаголева, В. М. Капустин, Т. Г. Гюльмисарян [и др.]] ; под ред. О. Ф. Глаголевой, В. М. Капустина, Ч.1, Первичная переработка нефти. – М. : Химия : КолосС, 2005. – 400 с. – Гриф: Доп. МО.
3. Жирнов, Б.С. Первичная переработка нефти : учеб. пособие / Б.С. Жирнов, Н. Г. Евдокимова ; Мин-во образования и науки, ГОУ ВПО Уфимский гос. нефт. техн. ун-т. - Уфа : УГНТУ, 2005. - 167 с. : ил., табл. - Гриф: Доп. УМО.
4. Мановян, А. К. Технология первичной переработки нефти и природного газа : учеб. пособие для вузов / А. К. Мановян. – 2-е изд., испр. – М. : Химия, 2001. – 568 с.

## **Практическое занятие № 10. Технология стабилизации нефти**

**Цель:** Приобретение знаний и практических навыков в современных условиях развития альтернативных технологий в нефтегазоперерабатывающей промышленности.

**Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части:**

**Знания:** знать принцип работы технических средств для измерения основных параметров технологического процесса, свойства сырья и продукции, конкретные технические решения при разработке технологических процессов, технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения

**Умения:** уметь осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения

**Компетенции или их части:**

- Способен обеспечить технологическое сопровождение процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-1)

- Способен обеспечить документационное сопровождение разработки и внедрения мероприятий по повышению эффективности технологического процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-2)

**Актуальность темы:** Знания и умения, полученные в ходе практического занятия, будут использованы при написании дипломной работы бакалавра, и при дальнейшей их производственной деятельности для получения моторных топлив из альтернативных источников сырья на предприятиях и подразделениях нефтегазоперерабатывающей промышленности.

### **Теоретическая часть:**

Процесс физической стабилизации нефтей предназначен для удаления газовых компонентов. Вследствие высокого давления насыщенных паров газы выделяются из нефти при температуре окружающей среды, унося с собой ценные легкие компоненты бензиновых фракций, при этом возрастает пожароопасность.

Таблица - Давление насыщенных паров (МПа)

| гт 07-1<br>1 температура, С | 0    | 10   | 20   | 30   | 40   |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|
| Этан                        | 2,31 | 2,92 | 3,65 | 4,50 | -    |
| Пропан                      | 0,46 | 0,62 | 0,82 | 1,06 | 1,34 |
| Н-бутан                     | 0,10 | 0,14 | 0,20 | 0,27 | 0,37 |

Такое испарение наблюдается в резервуарах, при наливке нефти и н/п, потери могут достигать 5%- 10% масс. Кроме того, присутствие в нефтях газов способствует образованию в трубопроводах

газовых пробок, что затрудняет транспортирование нефти и н/п.

*Потери от испарения:* за счет малых дыханий, больших и выкипания легких компонентов. Малые дыхания - происходят ежедневно из-за испарения от изменений температуры окружающей среды: в дневное время газовоздушная смесь расширяется в результате нагрева и по достижении определенной величины давления срабатывает дыхательный клапан, происходит выброс в атмосферу «выдох». Ночью пары конденсируются, создается частичный вакуум и через вентиляционные отверстия подсасывается воздух «вдох». Для 5-тысячника потери эти могут достигать 70 т/год, а для 20-тысячника - уже 180 т/год).

Большие дыхания - при откачке жидкости из резервуара паровое пространство заполняется парами, выделяющимися с поверхности оставшейся жидкости. Когда же резервуар заполняется, объем газовоздушной смеси вытесняется поступающей жидкостью в атмосферу.

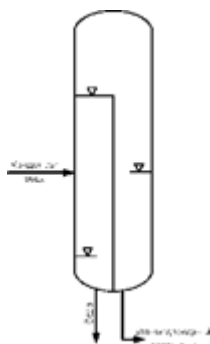
Потери от кипения - образуются в условиях, когда жидкость нагревается до температуры кипения и возникает интенсивное парообразование (солнечная сторона корпуса резервуара). Это явление редкое.

Для борьбы с этими потерями, снижения пожароопасности (за счет предотвращения попадания воздуха) и исключения загрязнения атмосферы сооружаются системы улавливания продуктов испарения. Используются резервуары с герметичными крышами, широкое распространение получили резервуары с плавающими крышами. Резервуары бывают сборные на болтах (1600 м<sup>3</sup>) и сварные (80 м<sup>3</sup>), с конусными, сферическими и плоскими крышами. Легкость транспортировки и повторного монтажа составляют преимущества резервуаров, собранных на болтах. Однако, эти методы не устраняют причину потерь легких углеводородов. Радикальным методом борьбы с потерями легких углеводородов является стабилизация нефти, которую осуществляют на промысле и на НПЗ. Для стабилизации нефти на промысле используют сепарацию одно- или многоступенчатую.

Вторая схема сепарации газа от нефти эффективна при высоком газовом факторе, а также, когда давление на устье добывающей скважины высокое. Сепараторы бывают вертикальные, горизонтальные и сферические.

Эффективность сепаратора определяется площадью раздела фаз. Поэтому горизонтальные сепараторы используются при высоком газовом факторе, вертикальные - при низком, а сферические - в промежутке.

На НПЗ для стабилизации нефти применяют одноколонные установки, а двухколонные - когда стабилизации подвергается газовый бензин (1-для нефти, 2-для бензина). 2-хколонные схемы используют для нефтей с высоким содержанием растворенных газов - более 1,5% мас. Технологическая схема приводится на рисунке.



Подготовленная на промысле нефть поступает в сепаратор и далее в ректификационную колонну, в которой за счет подвода тепла внизу колонны от нее отпариваются легкие углеводы, которые конденсируются в конденсаторе-холодильнике, а в сепараторе разделяются несконденсированный газ и жидкая фаза, содержащая углеводороды C<sub>3</sub>-C<sub>5</sub>.

Если подготовленная на промысле нефть имеет в своем составе более 1,5% газа, то применяется 2- ступенчатая стабилизация

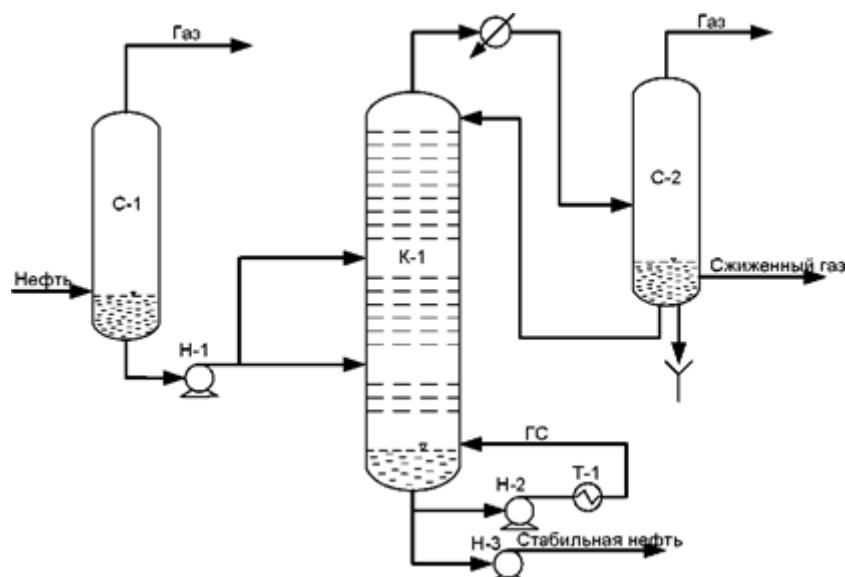


Рисунок - Технология одноколонной стабилизации нефти

В результате стабилизации легкой нефти из нее полностью удаляется метан, этан и на 95% пропан, при этом давление насыщенных паров нефти при 40<sup>0</sup>С снижается с 0,85 до 0,03 МПА, это гарантирует постоянство ее фракционного состава при транспортировании и хранении.

Сырая нефть - Q C<sub>2</sub> C<sub>3</sub> C<sub>4</sub> C<sub>5</sub> C<sub>6</sub> C<sub>7</sub>

|     |     |     |     |     |     |      |                  |     |     |     |      |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------------------|-----|-----|-----|------|
| 0,6 | 2,3 | 2,7 | 2,3 | 3,6 | 7,0 | 81,5 | Стабильная нефть | 2,0 | 4,2 | 7,4 | 86,4 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------------------|-----|-----|-----|------|

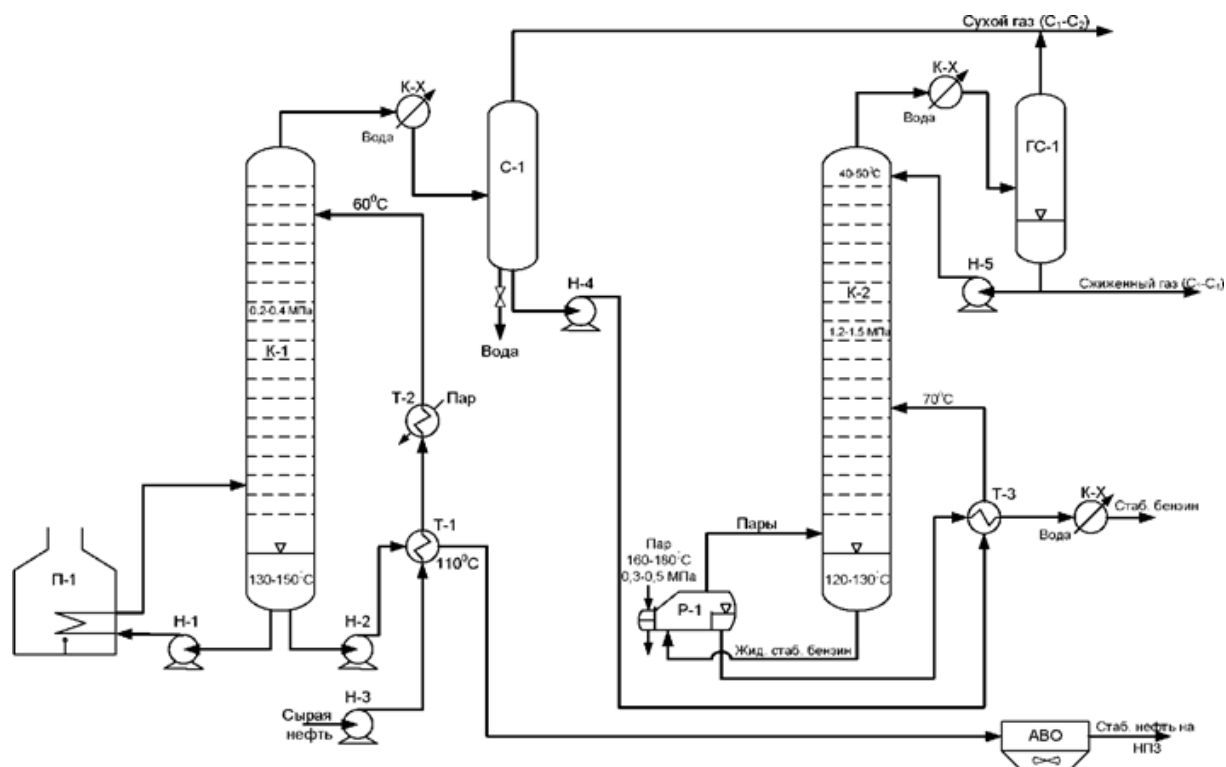


Рисунок - Технологическая схема установки стабилизации нефти

П-1 - печь; К-1, К-2 - колонны; Н-1-Н-5 - насосы; Т-1-Т-3 - теплообменники; К-Х - конденсатор-холодильник; С-1 - сепаратор; ГС-1 - газосепаратор; Р-1-рибойлер; АВО – аппарат воздушного охлаждения

### Вопросы и задания:

1. Давление насыщенных паров
2. Технология одноколонной стабилизации нефти
3. Технологическая схема установки стабилизации нефти

### Список ли

1. Вержичинская, С. В. Химия и технология нефти и газа : учеб. пособие / С. В. Вержичинская, Н. Г. Дигуров, С. А. Синицин. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ФОРУМ, 2009. – 400 с.
2. Технология переработки нефти : в 2 ч. : учеб. пособие / [О. Ф. Глаголева, В. М. Капустин, Т. Г. Гюльмисарян [и др.]] ; под ред. О. Ф. Глаголевой, В. М. Капустина, Ч.1, Первичная переработка нефти. – М. : Химия : КолосС, 2005. – 400 с. – Гриф: Доп. МО.
3. Жирнов, Б.С. Первичная переработка нефти : учеб. пособие / Б.С. Жирнов, Н. Г. Евдокимова ; Мин-во образования и науки, ГОУ ВПО Уфимский гос. нефт. техн. ун-т. - Уфа : УГНТУ, 2005. - 167 с. : ил., табл. - Гриф: Доп. УМО.
4. Мановян, А. К. Технология первичной переработки нефти и природного газа : учеб. пособие для вузов / А. К. Мановян. – 2-е изд., испр. – М. : Химия, 2001. – 568 с.тературы:

## **Практическое занятие № 11. Термодеструктивные процессы переработки нефтяного сырья: типы и назначение термических процессов**

**Цель:** Приобретение знаний и практических навыков в современных условиях развития альтернативных технологий в нефтегазоперерабатывающей промышленности.

**Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части:**

**Знания:** знать принцип работы технических средств для измерения основных параметров технологического процесса, свойства сырья и продукции, конкретные технические решения при разработке технологических процессов, технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения

**Умения:** уметь осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения

**Компетенции или их части:**

- Способен обеспечить технологическое сопровождение процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-1)

- Способен обеспечить документационное сопровождение разработки и внедрения мероприятий по повышению эффективности технологического процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-2)

**Актуальность темы:** Знания и умения, полученные в ходе практического занятия, будут использованы при написании дипломной работы бакалавра, и при дальнейшей их производственной деятельности для получения моторных топлив из альтернативных источников сырья на предприятиях и подразделениях нефтегазоперерабатывающей промышленности.

### **Теоретическая часть:**

Под термическими процессами понимают химическое превращение нефтяного сырья по совокупности реакций крекинга (распада) и уплотнения, осуществляемое термически, то есть без применения катализаторов. Основные параметры термических процессов, влияющие на ассортимент, материальный баланс и качество получаемых продуктов, - качество сырья, давление, температура и продолжительность термолиза. В современной нефтепереработке получили распространение следующие типы термических процессов:

1. Термический крекинг высококипящего дистиллятного или остаточного сырья при повышенном давлении (2-4 МПа) и температуре 500-540°C с получением газа и жидких продуктов. С начала возникновения и до середины 20-го века основным назначением этого процесса было получение из тяжелых нефтяных остатков дополнительного количества бензинов, обладающих, по сравнению с прямогонными, повышенной детонационной стойкостью (ОЧММ 60-65 пунктов), но низкой

химической стабильностью. В связи с внедрением и развитием более эффективных каталитических процессов, таких, как каталитический крекинг, риформинг, алкилирование, процесс термического крекинга остаточного сырья с целью производства бензина утратил промышленное значение. В настоящее время термический крекинг применяется преимущественно как процесс термоподготовки дистиллятных видов сырья для установок коксования и производства термогазойля (сырья для получения технического углерода). Применительно к тяжелым нефтяным остаткам промышленное значение в современной нефтепереработке имеет только разновидность этого процесса, называемая висбрекингом, - процесс легкого крекинга с ограниченной глубиной термолитического разложения, проводимый при пониженных давлении (1,5-3 МПа) и температуре с целью снижения вязкости и температуры застывания котельного топлива.

2. Коксование - длительный процесс термолитического разложения тяжелых остатков или ароматизированных высококипящих дистиллятов при невысоком давлении и температурах 470- 540°C. Основное целевое назначение коксования - производство нефтяного кокса различных марок. Побочные продукты коксования - малоценный газ, бензины низкого качества и газойли.

3. Пиролиз - высокотемпературный (750-900°C) термолитический процесс разложения газообразного, легкого или среднестиллятного углеводородного сырья, проводимый при низком давлении и исключительно малой продолжительности. Основным целевым назначением пиролиза является производство олефинсодержащих газов. В качестве побочного при пиролизе получают смолу - высокоароматизированный жидкий продукт широкого фракционного состава с большим содержанием непредельных углеводородов.

Процесс получения технического углерода (сажи) - исключительно высокотемпературный (свыше 1200°C) термолитический процесс разложения тяжелого высокоароматизированного дистиллятного сырья, проводимый при низком давлении и малой продолжительности. Этот процесс можно рассматривать как жесткий пиролиз, направленный не на получение олефинсодержащих газов, а на производство твердого

4. высокодисперсного углерода - продукта глубокого термического разложения углеводородного сырья по существу на составляющие элементы.

5. Процесс получения нефтяных пеков (пекование) - новый внедряемый в отечественную нефтепереработку процесс термолитического разложения (карбонизации) тяжелого дистиллятного или остаточного сырья, проводимый при пониженном давлении, умеренной температуре (360-420°C) и большой продолжительности. Помимо целевого продукта - пека - в процессе получают газы и керосино-газойлевые фракции.

6. Процесс получения нефтяных битумов - среднетемпературный продолжительный процесс окислительной дегидроконденсации (карбонизации) тяжелых нефтяных остатков (гудронов, асфальтитов деасфальтизации), проводимый при атмосферном давлении и температуре 250 - 300°C.

#### **Вопросы и задания:**

1. Процесс получения технического углерода
2. Назначение термических процессов

### 3. Краткая характеристика всех процессов

#### **Список литературы:**

1. Вержичинская, С. В. Химия и технология нефти и газа : учеб. пособие / С. В. Вержичинская, Н. Г. Дигуров, С. А. Синицин. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ФОРУМ, 2009. – 400 с.
2. Технология переработки нефти : в 2 ч. : учеб. пособие / [О. Ф. Глаголева, В. М. Капустин, Т. Г. Гюльмисарян [и др.]] ; под ред. О. Ф. Глаголевой, В. М. Капустина, Ч.1, Первичная переработка нефти. – М. : Химия : КолосС, 2005. – 400 с. – Гриф: Доп. МО.
3. Жирнов, Б.С. Первичная переработка нефти : учеб. пособие / Б.С. Жирнов, Н. Г. Евдокимова ; Мин-во образования и науки, ГОУ ВПО Уфимский гос. нефт. техн. ун-т. - Уфа : УГНТУ, 2005. - 167 с. : ил., табл. - Гриф: Доп. УМО.
4. Мановян, А. К. Технология первичной переработки нефти и природного газа : учеб. пособие для вузов / А. К. Мановян. – 2-е изд., испр. – М. : Химия, 2001. – 568 с.

## **Практическое занятие № 12. Показатели и пути увеличения глубины переработки нефти**

**Цель:** Приобретение знаний и практических навыков в современных условиях развития альтернативных технологий в нефтегазоперерабатывающей промышленности.

**Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части:**

**Знания:** знать принцип работы технических средств для измерения основных параметров технологического процесса, свойства сырья и продукции, конкретные технические решения при разработке технологических процессов, технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения

**Умения:** уметь осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения

**Компетенции или их части:**

- Способен обеспечить технологическое сопровождение процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-1)
- Способен обеспечить документационное сопровождение разработки и внедрения мероприятий по повышению эффективности технологического процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-2)

**Актуальность темы:** Знания и умения, полученные в ходе практического занятия, будут использованы при написании дипломной работы бакалавра, и при дальнейшей их производственной деятельности для получения моторных топлив из альтернативных источников сырья на предприятиях и подразделениях нефтегазоперерабатывающей промышленности.

### **Теоретическая часть:**

О значении глубины переработки нефти можно судить по следующим цифрам. Увеличение ее всего на 1% требует определенных затрат, но затраты на увеличение добычи нефти на 1% в 14-

20 раз выше. Это сравнение, конечно, упрощенное, так как затраты на увеличение глубины переработки нефти по мере роста ее значения повышаются с нарастанием, а затраты на рост добычи нефти увеличиваются по мере того, как эта добыча усложняется за счет геологических (увеличение глубины бурения) и географических (перемещение на Север в труднодоступные районы) условий.

Глубина переработки нефти  $G_{\text{пн}}$  наряду с мощностью и ассортиментом нефтепродуктов является важным показателем НПЗ. Она характеризует эффективность использования сырья. По величине  $G_{\text{пн}}$  можно косвенно судить о насыщенности НПЗ вторичными процессами и структуре выпуска нефтепродуктов. Понятно, что НПЗ с высокой долей вторичных процессов располагает большими возможностями для производства из каждой тонны сырья большего количества ценных нефтепродуктов.

К трактовке термина "глубокая переработка нефти" существует, по крайней мере, два подхода. По одному из них предлагается оценивать ее по дополнительному отбору (ДО) светлых из мазута. Так, если без переработки мазута (при ДО = 0) отбор суммы светлых (СС) для трех разных нефтей составляет соответственно 35, 52 и 62%, то для достижения общей глубины переработки нефти 68% необходимо, чтобы от мазута первой нефти было дополнительно получено 28% светлых на нефть, от мазута второй нефти - 14,5% и от мазута третьей нефти - 5%. Однако такой дифференцированный по нефтям метод не получил широкого распространения. Общеизвестен во многих странах, в том числе в России, метод, выражаемый формулой:  $\Gamma_{\text{пн}} = [H - (M + П + C_{\text{гт}})] * 100 / H$ , где  $\Gamma_{\text{пн}}$  - глубина переработки нефти в %; H - количество переработанной нефти;

M - количество валового топочного мазута от переработанной нефти; П - количество безвозвратных потерь от того же количества нефти;  $C_{\text{гт}}$  - количество сухого газа от нефти, использованного как топливо. Такой подход позволяет оценивать величину  $\Gamma_{\text{пн}}$  независимо от вида перерабатываемой нефти и набора технологических процессов. В США значение  $\Gamma_{\text{пн}}$  достигает 90%, в России на начало 1990-х годов оно составляло около 65% и сейчас практически не растет.

Пути углубления переработки нефти включают в первую очередь глубокую первичную переработку нефти на АВТ, а затем комплекс вторичных термokatалитических процессов с максимальным выходом топливных дистиллятов. Сырьем процессов вторичной переработки могут служить дистилляты первичной перегонки, непосредственно мазут или же продукты вакуумной его перегонки - вакуумный газойль и гудрон. Следует заметить, что во всех вторичных процессах в составе углеводородного газа определенную долю составляет сухой газ  $C_1C_2$ , обычно сжигаемый как технологическое топливо. Поскольку в формуле он является вычитаемым компонентом, то высокий выход сухого газа существенно уменьшает глубину переработки нефти. Углубление переработки нефти, с одной стороны, позволяет решить проблему увеличения ресурсов моторных топлив, а с другой - обуславливает резкое сокращение выработки котельных топлив, так как мазут является основным компонентом этих топлив. Возмещение сокращающейся доли мазута идет несколькими путями, среди которых следует отметить следующие:

- перевод крупных потребителей в энергетике и металлургии на природный газ;
- вовлечение в котельные топлива тяжелых газойлей вторичных процессов (если они не используются для тяжелых судовых дизельных топлив);
- уменьшение доли электроэнергии, вырабатываемой на тепловых электростанциях, потребляющих жидкое топливо, и возмещение этого уменьшения долей АЭС.

Исходным сырьем для углубления переработки в нашей стране являются остатки атмосферной или вакуумной перегонки в основном сернистых нефтей, отличающиеся низким отношением водорода к углероду (0,125-0,135) и высоким содержанием асфальто-смолистых соединений, в которых сконцентрированы гетероорганические вещества. Целевые продукты - углеводородные топлива - отличаются по элементному составу от исходного сырья более высоким отношением водорода к углероду (0,16-0,17), малым содержанием серы и, кроме этого, полным отсутствием тяжелых металлов. Для достижения необходимого соотношения между водородом и углеродом возможно применение

различных технологических приемов, основанных на вводе дополнительного водорода или выводе лишнего углерода. Количество водорода, требуемого для гидрогенолиза гетероорганических соединений и образования из остаточного сырья топливных фракций, составляет (% масс.):

- на гидрогенолиз гетероорганических соединений - 0,7-1,0; в том числе на образование  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  - 0,2-0,3;

- на образование светлых нефтепродуктов:

бензина - 1,8-2,3; керосина - 2,3-2,8; дизельного топлива - 1,6-2,1;

- на образование углеводородных газов - 8,0-8,7.

Общий расход водорода при этом изменяется в пределах 2,3-3,8 % масс.

Для достижения необходимого соотношения между водородом и углеродом в целевых продуктах вывод излишнего углерода должен составлять 12-21% масс. от исходного, очищенного от гетероорганических соединений сырья. Количество излишнего углерода составляет (% масс.):

- при образовании светлых нефтепродуктов:

бензина - 13-19; керосина - 16-21; дизельного топлива - 12-18;

- при получении газообразных продуктов - сырья для нефтехимического синтеза: непредельных углеводородов - 16-21; предельных углеводородов - 31-36. Технология переработки нефтяных остатков с выводом излишнего углерода в основном базируется на термических процессах, а технология ввода водорода в молекулярную структуру остаточных фракций - на гидрогенизационных каталитических процессах.

### **Вопросы и задания:**

1. Как рассчитать глубину переработки нефти
2. Пути углубления переработки нефти

### **Список литературы:**

1. Вержичинская, С. В. Химия и технология нефти и газа : учеб. пособие / С. В. Вержичинская, Н. Г. Дигуров, С. А. Сеницын. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ФОРУМ, 2009. – 400 с.
2. Технология переработки нефти : в 2 ч. : учеб. пособие / [О. Ф. Глаголева, В. М. Капустин, Т. Г. Гюльмисарян [и др.]] ; под ред. О. Ф. Глаголевой, В. М. Капустина, Ч.1, Первичная переработка нефти. – М. : Химия : КолосС, 2005. – 400 с. – Гриф: Доп. МО.
3. Жирнов, Б.С. Первичная переработка нефти : учеб. пособие / Б.С. Жирнов, Н. Г. Евдокимова ; Мин-во образования и науки, ГОУ ВПО Уфимский гос. нефт. техн. ун-т. - Уфа : УГНТУ, 2005. - 167 с. : ил., табл. - Гриф: Доп. УМО.
4. Мановян, А. К. Технология первичной переработки нефти и природного газа : учеб. пособие для вузов / А. К. Мановян. – 2-е изд., испр. – М. : Химия, 2001. – 568 с.

### **Практическое занятие № 13. Ресурсы и месторождения горючих ископаемых**

**Цель:** Приобретение знаний и практических навыков в современных условиях развития альтернативных технологий в нефтегазоперерабатывающей промышленности.

**Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части:**

**Знания:** знать принцип работы технических средств для измерения основных параметров технологического процесса, свойства сырья и продукции, конкретные технические решения при разработке технологических процессов, технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения

**Умения:** уметь осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения

**Компетенции или их части:**

- Способен обеспечить технологическое сопровождение процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-1)

- Способен обеспечить документационное сопровождение разработки и внедрения мероприятий по повышению эффективности технологического процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-2)

**Актуальность темы:** Знания и умения, полученные в ходе практического занятия, будут использованы при написании дипломной работы бакалавра, и при дальнейшей их производственной деятельности для получения моторных топлив из альтернативных источников сырья на предприятиях и подразделениях нефтегазоперерабатывающей промышленности.

#### **Теоретическая часть:**

**Нефть** - жидкие углеводороды, сюда же относится и газовый конденсат.

Период бурного роста добычи нефти приходится на 1925-30 - 1975-80г.г., когда добыча нефти возросла в 16 раз с 0,2 млрд. тонн до 3,2 млрд. тонн.

Основными нефтедобывающими районами являются Северная и Южная Америка (15%), Ближний Восток (60%), Россия (12%), Северная Африка (8%). Однако не во всех странах, добывающих нефть, развита нефтеперерабатывающая промышленность. Переработка нефти сосредоточена в странах с высокоразвитой промышленностью - США, Россия, Япония, Германия, Франция, Англия, Канада. В странах Ближнего Востока только 10 % добытой нефти перерабатывается, а 90 % нефти идет на экспорт, в страны Западной Европы, США, Японию.

В России основными добывающими районами являются: Урало-Волжский, Западно-Сибирский, Северо-Кавказский. Россия по запасам нефти занимает одно из первых мест в мире, однако, районы их залегания находятся в зонах с суровыми климатическими условиями: Крайний

Север,

Восточная Сибирь, шельфы морей (Баренцево море). Мировые запасы нефти: млрд.т

-газовый конденсат 1- 1,5 (извлекаемые 1);

-обычные нефти 220-280 (извлекаемые 100);

-сверхтяжелые нефти 650-730 (извлекаемые 350.

Запасы сверхтяжелых нефтей сосредоточены в Канаде, Венесуэле и СНГ.

Состояние добычи нефти и ее потребление в мире таково, что в 1996-1997 годах на мировых рынках нефти сохранялся устойчивый баланс между спросом и потреблением. С 1998 года структура добычи и потребления по годам в разных странах разная

| Страна       | Объе<br>мы пот | ребления, млн. т. |       | Объемы добычи, млн. т. |       |        |
|--------------|----------------|-------------------|-------|------------------------|-------|--------|
|              | 1998г          | 1999г             | 2000г | 1998г                  | 1999г | 2000г. |
| Россия       | 123            | 124               | 127   | 303                    | 305   | 308    |
| Лат. Америка | 230            | 243               | 250   | 185                    | 193   | 196    |
| Европа       | 40             | 41                | 43    | 10                     | 12    | 12     |
| КНР          | 210            | 217               | 227   | 160                    | 160   | 159    |
| Во всем мире | 3705           | 3760              | 3850  | 3701                   | 3639  | 3745   |

Из всех стран особенно высокими темпами в 90-х годах развивалась экономика США (рост составил 3,8 %) и потребление нефти увеличилось на 1,8 %. В 1996г. потребление нефти США достигло рекордного уровня - 1009 млн.т., в т. ч. за счет импорта 532 млн.т. (самообеспеченность нефтью составила 47,3 %).

В 2004 году в РФ было добыто нефти (вместе с газовым конденсатом) 655,9 млн.т у.т. В России 41 % идет на внутренний рынок и 59 % - составляет импорт нефти, т.е. наша страна относится к нефтеимпортирующим странам.

Основные нефтедобывающие компании: Лукойл, Юкос, Сургут, Татнефть, Сиданко, Тюмень НК, Сибнефть, Башнефть, Роснефть, ОНАКО, Коми ТЭК, ЮНКО.

Углеводородные газы. С 1930 года началась разработка газовых месторождений.

Эксплуатация газовых скважин аналогична фонтанному способу нефтедобычи.

Мировые запасы газа оцениваются 142 трл.м3 (115 млрд. т), из них 55 трл.м3 приходится на страны

СНГ. По остальным регионам запасы таковы: трл.м3 Ближний Восток - 45

Американский континент - 15 Азия и Тихий океан - 10 Африка - 10 Западная Европа -6.

Добыча газа в РФ в 2004 году составила 620,2 млрд.м<sup>3</sup>, а в странах СНГ -730 млрд.м<sup>3</sup>. Мировая добыча - 2200 млрд.м<sup>3</sup>, в т.ч. СНГ -34%; США -26%; Канада -8%; Нидерланды - 3,6%.

Газ является предметом экспорта и им торгуют многие страны. Страны-экспортеры (объем 400 млрд.м<sup>3</sup>/год):

- Россия 38%;
- Канада -14%;
- Туркмения -9%;
- Нидерланды -8%;
- Алжир -8%;
- Индонезия -7%;
- Норвегия -6%.

Страны-импортеры: Украина,США, Германия, Япония, Италия, Франция, Беларуссия. В России газовым гигантом является ОАО «Газпром», который обладает разведанными запасами 50 трлн.м<sup>3</sup>, а добыча по состоянию на 2004 год составила 545 млрд.м<sup>3</sup>.

**Уголь** - различают бурый уголь и антрацит. Мировые геологические запасы составляют 14000 млрд.т, из них 57% сосредоточены в Азии, 30% - в Северной Америке, остальные - в разных странах.

Общие запасы угля СНГ 6800 млрд.т. Основные добывающие регионы: Донбасс, Кузбасс, Воркута, Западная и Восточная Сибирь, дальний Восток.

Добыча угля в РФ - 700 млн.т/год, наблюдается тенденция снижения из-за нерентабельности.

### **Вопросы и задания:**

1. Углеводородные газы
2. Что такое нефть

### **Список литературы**

1. Вержичинская, С. В. Химия и технология нефти и газа : учеб. пособие / С. В. Вержичинская, Н. Г. Дигуров, С. А. Сеницин. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ФОРУМ, 2009. – 400 с.
2. Технология переработки нефти : в 2 ч. : учеб. пособие / [О. Ф. Глаголева, В. М. Капустин, Т. Г. Гюльмисарян [и др.]] ; под ред. О. Ф. Глаголевой, В. М. Капустина, Ч.1, Первичная переработка нефти. – М. : Химия : КолосС, 2005. – 400 с. – Гриф: Доп. МО.
3. Жирнов, Б.С. Первичная переработка нефти : учеб. пособие / Б.С. Жирнов, Н. Г. Евдокимова ; Мин-во образования и науки, ГОУ ВПО Уфимский гос. нефт. техн. ун-т. - Уфа : УГНТУ, 2005. - 167 с. : ил., табл. - Гриф: Доп. УМО.
4. Мановян, А. К. Технология первичной переработки нефти и природного газа : учеб. пособие для вузов / А. К. Мановян. – 2-е изд., испр. – М. : Химия, 2001. – 568 с.

## **Практическое занятие № 14. Состояние и тенденции развития мировой топливно-энергетической системы**

**Цель:** Приобретение знаний и практических навыков в современных условиях развития альтернативных технологий в нефтегазоперерабатывающей промышленности.

**Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части:**

**Знания:** знать принцип работы технических средств для измерения основных параметров технологического процесса, свойства сырья и продукции, конкретные технические решения при разработке технологических процессов, технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения

**Умения:** уметь осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения

**Компетенции или их части:**

- Способен обеспечить технологическое сопровождение процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-1)
- Способен обеспечить документационное сопровождение разработки и внедрения мероприятий по повышению эффективности технологического процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-2)

**Актуальность темы:** Знания и умения, полученные в ходе практического занятия, будут использованы при написании дипломной работы бакалавра, и при дальнейшей их производственной деятельности для получения моторных топлив из альтернативных источников сырья на предприятиях и подразделениях нефтегазоперерабатывающей промышленности.

### **Теоретическая часть:**

К основным источникам энергии следует отнести: природные углеводородные газы, жидкие нефти, твердые органические вещества - нефтебитумы, сланцы и каменный уголь. Все они играют чрезвычайно большую роль в экономике каждой страны, поскольку энергия является основой промышленности, сельского хозяйства, транспорта и быта человека. Например, малейшие сбои в электроснабжении всегда ведут к серьезным последствиям (почти форс-мажор). Вся история цивилизации - поиск источников энергии. Это весьма актуально и сегодня. Ведь энергия - это возможность дальнейшего развития индустрии, получение устойчивых урожаев, благоустройство городов и др.

В 20-м столетии одни основные источники энергии сменялись другими: дерево заменили на уголь, уголь - на нефть, нефть - на газ, углеводородное топливо - на ядерное. К началу 80-х годов (1980) в мире около 70% потребности в энергии удовлетворялось за счет нефти и природного газа, 25% - за

счет каменного и бурого угля и лишь 5%- других источников энергии. В настоящее время наиболее крупными потребителями органического топлива являются промышленность и тепловые электростанции. Из всего используемого топлива около 20% идет на производство электроэнергии, 30% - на получение низкопотенциальной теплоты (отопление помещений, горячая вода и др.), 30% - на транспорт (авиация, морской, автотранспорт) и около 20% топлива потребляют химическая и металлургическая промышленность.

В 21 век - век научно-технического прогресса, проблема нехватки энергоресурсов решается путем производства новых синтетических видов топлив из синтез-газа, например  $\text{CO} + 2\text{H}_2 = \text{CH}_3\text{OH}$ . Метанол может заменить бензин в двигателях внутреннего сгорания. Теплота его сгорания в 2 раза ниже, чем у бензина, он агрессивен к пластмассам и некоторым металлам, но в экологическом плане он выгодно отличается от нефти, угля, газа.

Топливом будущего можно назвать водород. При его сгорании в чистом кислороде достигается температура до 2800 °C, а теплота его сгорания - 142650 кДж/кг. Существуют разные технологии получения водорода (химическая промышленность, электролиз и др.), но наибольшие надежды возлагаются на энергию ядерных электростанций. Если сравнить энергию, полученную химическим путем, с энергией, полученной от эквивалентного количества вещества в ходе цепных реакций деления тяжелых элементов (плутония, урана), то получилась бы следующая картина. Энергии сгорания 1г древесины достаточно для того, чтобы электрическая лампочка в 100 вт горела 1 мин, а энергии 1г угля хватит для двух таких лампочек. Для освещения в течение часа города с 60 000 жителей хватит энергии 1г урана-235. Энергия, заключаемая в 1г тяжелого водорода- компонента топлива реакции термоядерного синтеза - в 7.5 раз больше, чем энергия, эквивалентная 1г урана-235. На год работы АЭС мощностью 1 млн. квт необходимо 30-50т уранового топлива, а для ТЭС такой же мощности потребуется 1.6 млн.т мазута или 2.5 млн.т угля. Ядерная энергия, «ветровая индустрия», солнечные батареи, приливные электростанции, энергия биомассы, гидро- и геотермальная энергия, также возможно, будут набирать силу. Резкое подорожание топливных ресурсов в 70-е годы создало кризисную ситуацию в платежных балансах ряда стран, вызвало рост издержек в энергоемких отраслях и дало толчок к существенному спаду производства в большинстве государств. В связи с этим актуальность приобрели вопросы экономии энергии и оптимальной структуры ее потребления. В условиях низких цен на топливо человечество, которое в своем историческом развитии идет по пути наименьшего сопротивления, пока не столкнется с кризисными или тупиковыми ситуациями, щедро и расточительно, а следовательно, нерационально расходовало энергоресурсы. В 1974 г., когда прозвучали первые тревожные сигналы надвигающегося кризиса, мировое потребление первичных энергоносителей достигло 8,2 млрд. т условного топлива (т у. т.), увеличившись по сравнению с началом XX в. в 8,5 раза, в то время как численность населения возросла в 2,2 раза.

Энергоемкость каждого жителя планеты существенно возросла. С одной стороны, это было связано с быстрым развитием промышленного производства и ростом его энерговооруженности, т.е. отражало объективные потребности народного хозяйства и населения. С другой стороны, значительная часть потребляемой энергии расходовалась нерационально. В промышленности это проявлялось в

преобладании энергоемких технологий, в сфере услуг - в неоправданно масштабном потреблении энергии в рекламном бизнесе, на транспорте и в других секторах инфраструктуры.

Обострение энергетической проблемы особенно чувствительно затронуло экономики промышленно развитых стран, на которые приходилась основная часть мирового потребления энергоресурсов. Лишившись возможности пользоваться дешевым топливом, эти страны были вынуждены приспособлять производство к новым условиям дорогих энергоносителей. В 1974 г. в рамках Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) было создано Международное энергетическое агентство (МЭА), задачей которого была разработка мер и рекомендаций для преодоления кризисной ситуации, сложившейся в связи с подорожанием топлива. В агентство вошли 20 стран (из 24 стран - членов ОЭСР), наиболее заинтересованных в выработке коллективной энергетической политики.

МЭА рекомендовало своим членам осуществить меры по экономии энергии вообще и экономии жидкого топлива в частности. Среди мер по экономии энергии предлагалось ограничение бытового потребления и использование энергосберегающих технологий в промышленности. В целях снижения потребления нефти рекомендовалось более широкое использование альтернативных жидкому топливу энергоносителей - каменного угля, природного газа, атомной энергии.

В результате принятых мер по энергосбережению в экономике промышленно развитых стран наметилась тенденция к снижению энергоемкости валового внутреннего продукта (ВВП). В частности, энергоемкость совокупного ВВП стран Западной Европы снизилась в 1980 г. по отношению к 1970 г. на 11% и продолжала снижаться в 80-е и 90-е годы. По сравнению с 1980 г. это снижение оценивается в 1990 г.

Снижение энергоемкости является объективным процессом, действие которого будет проявляться и за пределами XX в. Его течение, как показывает практика, имеет разные скорости, которые определяются интенсивностью внедрения энергосберегающих технологических нововведений, динамикой цен на энергоносители, энергетической политикой и рядом других факторов. Однако при всей приверженности мирового сообщества к энергосбережению потребление энергии на планете не стабилизировалось и тем более не снизилось, как это прогнозировалось отдельными специалистами. Бесстрастная статистика свидетельствует о неуклонном росте производства и потребления топливно-энергетических ресурсов. В частности, статистики МЭА опубликовали свои оценки мирового производства первичных энергоносителей на сегодняшний и завтрашний день. В перспективе, согласно их прогнозам, к 2020 г. в мировом производстве первичной энергии увеличится доля газа при незначительном снижении удельного веса угля, нефти и атомной энергии. В целом производство первичной энергии в мире возрастет к 2020 г. до 13,2 млрд. т нефтяного эквивалента (н.э.) против 9,2 млрд. т н.э. в 2000 г.

Специалисты стран-экспортеров нефти (ОПЕК), Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) и промышленного департамента ООН дали долгосрочный прогноз мирового производства первичных энергетических ресурсов, которое оценивается в 2050 г. в 26 - 30 млрд т у. т.

Если учесть, что основная часть общих потребностей в энергии будет покрываться за счет

нефти, газа и твердых топлив, то можно сделать вывод о продолжении в предстоящие десятилетия интенсивного наступления человека на природные ресурсы нашей планеты. Возникает вопрос, выдержит ли земля, которая уже достаточно истерзана и истощена деятельностью прошлых и настоящего поколений? Ведь не раз звучали тревожные предупреждения об ограниченности и невозобновляемости природных ресурсов и неизбежности энергетического голода в обозримом будущем. Действительно природные ресурсы, в том числе и запасы минерального топлива, ограничены, поскольку и сама планета имеет ограниченные габариты. Однако разведанные запасы топлива достаточно велики и способны обеспечивать человечество энергией еще многие годы. В частности, достоверные запасы нефти в мире на 1 января 1991 г. составляли 135 млрд т (более 40 лет потребления), а природного газа - 120 трлн куб. м (более 55 лет потребления). Тревога о будущем энергоснабжении рождена предстоящими трудностями освоения топливных ресурсов, поскольку наиболее доступные источники в значительной мере использованы, а новые месторождения расположены на значительных глубинах в труднопроходимых местах, под арктическими льдами, на морских шельфах. Кроме того, они удалены от пунктов потребления энергии и, чтобы воспользоваться ими, необходимы существенные расходы на транспортировку. Помимо объективных трудностей, подстерегающих будущих завоевателей недр, существуют субъективные обстоятельства, не позволяющие в полной мере воспользоваться ресурсами органического топлива. Они проявляются в нежелании потребителей следовать подсказке природы и строить структуру потребления в соответствии со структурой топливных ресурсов. На начало 80-х годов в общегеологических запасах энергии капиталистических стран на твердое топливо приходилось 76%, на нефть - 14 и на газ - 10%, тогда как доля нефти в потреблении минерального топлива составила в 1982 г. 54%, твердого топлива - 25 и природного газа - 21%. По большинству прогнозов, удельный вес угля в общегеологических запасах энергоносителей возрастет к 2010 г. до 90%, а нефти и газа - снизится соответственно до 3 и 7%. В структуре потребления доля нефти прогнозируется в 44%, твердого топлива - в 30 и газа - в 26%. Изменения в структуре энергопотребления происходят под влиянием сложного комплекса политических, экономических, технологических и социальных факторов. Длительное время основное место в энергетическом балансе занимал каменный уголь, в то время как углеводородное сырье занимало второстепенные позиции. Затем наступила эпоха дешевой нефти, которая полностью дискредитировала уголь из-за его экологической уязвимости, высоких издержек его производства и недостаточной гибкости в потреблении. В результате угледобывающая промышленность оказалась в глубоком кризисе. Стремительный рост цен на нефть способствовал появлению долговременной тенденции к снижению удельного веса жидкого топлива в энергопотреблении и возрождению интереса к каменному углю. Однако угольный «ренессанс» не состоялся: возросшие требования к охране окружающей среды оставили за твердым топливом ограниченную сферу использования.

Структура мирового и регионального энергопотребления в XXI вв. будет складываться под влиянием необходимости максимальной защиты экологической системы планеты. Многочисленные экологические катастрофы, связанные с производством и потреблением энергоносителей, нанесли труднопоправимый ущерб природе, от которой «не ждали милости» и которую длительное время брали

силой, сравниваемой, по выражению В. И. Вернадского, разве что с тектоническими процессами. Мировое хозяйство становится все более экологически емким, что тесно связывает энергообеспечение с экологической безопасностью.

В связи с этим возрастает роль наиболее чистого топлива - природного газа. Если эпоха каменного угля сменилась эпохой нефти, то XXI век, по мнению специалистов, явится эпохой метана. По сравнению с другими видами топлива при его сжигании выделяется значительно меньше вредных веществ. Затраты на добычу и транспортировку природного газа в большинстве случаев сравнительно невелики.

Одновременно с экологической безопасностью на структуру и масштабы производства и потребления энергоресурсов возрастающее влияние будет оказывать технический прогресс.

Помимо разработок энергосберегающих технологий ведутся исследования по совершенствованию добывающего оборудования и технологии, транспортировке газа по трубопроводам и в сжиженном состоянии, более глубокой переработке первичных энергоносителей, получению жидкого топлива из каменного угля и по многочисленным другим направлениям. Например, ряд западных компаний разработали программу коренного совершенствования технологии нефтедобычи, что должно обеспечить рентабельное извлечение нефти из месторождений шельфа Северного моря при уровне цен на нефть 70 - 75 долл./т.

Разрабатываются технологии, позволяющие повысить эффективность процессов сжигания угля, в частности низкокачественных сортов. К их числу относится сжигание угля в псевдоожиженном слое и применение угольно-нефтяных смесей.

В России разработана технология повышения пластового давления на газовых месторождениях с остаточными низкопотенциальными запасами, а также на месторождениях с изначально низким давлением. В первом случае это позволит доработать значительные остаточные запасы, во втором - расширить географию добычи газа за счет вовлечения в эксплуатацию мелких и средних месторождений, расположенных вблизи потребителей ограниченной мощности. Известные и медленно эволюционирующие технологии, на базе которых длительное время развивалось производство и потребление топлива в отраслях энергетики и энергоемких отраслях экономики, в предстоящие годы будут вытеснены более совершенными высокими технологиями, что в конечном счете приведет к радикальному обновлению всего топливно-энергетического комплекса. Однако перевод энергохозяйства и энергопотребляющих отраслей на новую прогрессивную технологию связан с крупномасштабными капиталовложениями и потребует длительного времени. Поэтому более вероятным в период до 2020 г. представляется революционизирующее воздействие научно-технического прогресса на отдельные звенья топливно-энергетического комплекса.

Характерной особенностью энергоснабжения мировой экономики является неравномерное географическое распределение топливных ресурсов, в первую очередь нефти и газа, основные запасы которых расположены в странах Ближнего и Среднего Востока, Африки, Латинской Америки, Юго-Восточной Азии, России. Наиболее крупные потребители углеводородного сырья - США, Западная Европа и Япония - вынуждены импортировать его в значительных количествах и таким образом

ставить свою экономику в зависимость от внешних источников. Неравномерность размещения минеральных ресурсов, и в частности, природного газа является предпосылкой развития международного разделения труда и на этой основе - международных экономических отношений. В 2003 г. по каналам международной торговли, исключая торговлю между странами, ранее входившими в СССР, было реализовано 454,87 млрд. куб. м (трубопроводный транспорт) и 168,84 млрд. куб. м (СПГ), что составило 23,82% добытого газа. Основные экспортно-импортные потоки природного газа идут из России (Западная Сибирь) в страны Европы (131,77 млрд. куб. м в 2003 г.), в Европу из Северной Африки (57,05 млрд. куб. м), в Японию из стран Азиатско- Тихоокеанского региона (59,97 млрд. куб. м) и стран Ближнего Востока (18,08 млрд. куб. м), в США из Канады (98,6 млрд. куб. м).

В настоящее время торговля сжиженным природным газом (СПГ) составляет около 25% в мировой газовой торговле. Эта доля имеет тенденцию к увеличению, т.к. технический прогресс способствует удешевлению технологии сжижения газа и его поставок потребителям. Основные потоки СПГ направлены в Японию и Южную Корею из Индонезии, Малайзии, Катара и ОАЭ, а также во Францию, Испанию и Турцию из Алжира. Ввоз СПГ в страны Азии составляет около 70% всего его объема, попадающего в систему международной торговли; примерно 27% направляется в страны Западной Европы, а остальное - в США.

Наличие мирового рынка природного газа позволяет всем странам независимо от того, обладают ли они его ресурсами воспользоваться преимуществами газообразного топлива, используя каналы международной торговли, которые открывают доступ к самым отдаленным источникам. Мировой рынок природного газа рассматривается как совокупность региональных рынков, которые относительно независимы друг от друга. В то же время развитие средств транспорта газа ведет к интенсивному росту межрегиональных поставок. Так, увеличиваются поставки африканского газа в западноевропейский регион. Сжиженный газ из Алжира и Нигерии идет в Северную Америку.

Интернационализации рынка природного газа в значительной мере способствует международное переплетение капиталов - создание смешанных компаний и международных консорциумов для совместной разработки газовых месторождений и строительства соответствующей инфраструктуры. Разработка газовых ресурсов в Северном море или сахалинских месторождений возможна при условии участия в ней компаний нескольких стран, что придает добыче газа международный характер.

Будучи взаимосвязанными звеньями единого мирового рынка природного газа, отдельные регионы и страны тем не менее существенно отличаются по степени участия во внешней торговле

- от значительного экспорта (ряд стран Ближнего Востока), до весьма острой экспортной ориентации (Норвегия) и почти полной зависимости от импорта (Франция, Испания, Финляндия, Турция).

Региональный газовый рынок Северной Америки сформировался ранее других. Первоначально в основе его лежали закупки США канадского газа. В настоящее время сохраняется доминирующая роль канадских поставок. Осуществляются поставки из США и Мексику.

Латиноамериканский регион является наиболее оторванным от мирового рынка. Из

межрегиональных поставок можно отметить лишь незначительные закупки сжиженного газа Испанией в Тринидаде. В последние годы отмечается активизация на рынке природного газа данного региона. Осуществляется экспорт сетевого газа из Аргентины в Чили, Бразилию и Уругвай, из Боливии в Бразилию, СПГ - из Тринидада в США.

Ближний Восток в перспективе может превратиться в крупного экспортера газа, учитывая значительные потенциальные возможности этого региона. В 2003 г. из региона было экспортировано около 45 млрд. куб. м газа (в основном в сжиженном виде). Такой крупный производитель как Саудовская Аравия участия во внешней торговле пока не принимает.

#### **Вопросы и задания:**

1. Региональный газовый рынок

#### **Список литературы:**

1. Вержичинская, С. В. Химия и технология нефти и газа : учеб. пособие / С. В. Вержичинская, Н. Г. Дигуров, С. А. Синицин. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ФОРУМ, 2009. – 400 с.
2. Технология переработки нефти : в 2 ч. : учеб. пособие / [О. Ф. Глаголева, В. М. Капустин, Т. Г. Гюльмисарян [и др.]] ; под ред. О. Ф. Глаголевой, В. М. Капустина, Ч.1, Первичная переработка нефти. – М. : Химия : КолосС, 2005. – 400 с. – Гриф: Доп. МО.
3. Жирнов, Б.С. Первичная переработка нефти : учеб. пособие / Б.С. Жирнов, Н. Г. Евдокимова ; Мин-во образования и науки, ГОУ ВПО Уфимский гос. нефт. техн. ун-т. - Уфа : УГНТУ, 2005. - 167 с. : ил., табл. - Гриф: Доп. УМО.
4. Мановян, А. К. Технология первичной переработки нефти и природного газа : учеб. пособие для вузов / А. К. Мановян. – 2-е изд., испр. – М. : Химия, 2001. – 568 с.

## **Практическое занятие № 15. Топливо-энергетический баланс развитых промышленных стран**

**Цель:** Приобретение знаний и практических навыков в современных условиях развития альтернативных технологий в нефтегазоперерабатывающей промышленности.

**Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части:**

**Знания:** знать принцип работы технических средств для измерения основных параметров технологического процесса, свойства сырья и продукции, конкретные технические решения при разработке технологических процессов, технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения

**Умения:** уметь осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения

**Компетенции или их части:**

- Способен обеспечить технологическое сопровождение процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-1)

- Способен обеспечить документационное сопровождение разработки и внедрения мероприятий по повышению эффективности технологического процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-2)

**Актуальность темы:** Знания и умения, полученные в ходе практического занятия, будут использованы при написании дипломной работы бакалавра, и при дальнейшей их производственной деятельности для получения моторных топлив из альтернативных источников сырья на предприятиях и подразделениях нефтегазоперерабатывающей промышленности.

### **Теоретическая часть:**

Нефтедобывающая, нефтеперерабатывающая и нефтехимические отрасли промышленности являются определяющими не только технический потенциал государства, но даже могут оказывать влияние на политику.

Основное использование нефти - производство *топлив и масел* (до 80%). Топлива делятся на две группы: моторные, предназначенные для ДВС, преобразующих энергию топлива в механическую работу, и не моторные, предназначенные для печей, котлов, преобразующих энергию топлива в тепловую энергию другого энергоносителя - пара, горячей воды, горячего металла и т.д. На основе нефти производится 100 % всех минеральных масел и смазок и более 90

% органических химических продуктов.

Из нефти производят нефтепродукты специального назначения:

-жидкие парафины;

- нефтяные битумы;
- технический углерод;
- нефтяной кокс;
- нефтяные растворители;
- осветительный керосин;
- парафины, церезины, вазелины;
- смазочно-охладительные жидкости;
- пластификаторы и умягчители.

На основе нефти и газа производят разнообразные газообразные, жидкие, твердые продукты, которые применяются практически во всех отраслях промышленности (это пластмассы, синтетические волокна, каучуки, лаки, краски, моющие средства, минеральные удобрения и др.).

| Переработка нефти в мировом масштабе по числу НПЗ характер] | «уется так: | АТ  | ВТ  |
|-------------------------------------------------------------|-------------|-----|-----|
| Регион                                                      |             |     |     |
| Азия и страны Тихоокеанского региона                        |             | 550 | 145 |
| Западная Европа                                             |             | 650 | 248 |
| Восточная Европа                                            |             | 582 | 167 |
| Средний Восток                                              |             | 260 | 71  |
| Африка                                                      |             | 123 | 21  |
| Америка                                                     | 0           | 125 | 540 |
| Всего                                                       | 8           | 335 | 119 |

Средняя мощность НПЗ по сырой нефти составляет: в целом в мире 6 млн. т/год, в СНГ - 11 млн.т/год, в Америке - 5 млн.т/год.

В доле вторичных процессов Россия уступает ведущим странам. Доля процессов вторичной переработки нефти в % от первичной показана в таблице.

| Процесс                  | Россия | Англ | СШ   |
|--------------------------|--------|------|------|
|                          | ия     | А    |      |
| Каталитический риформинг | 8,7    | 18   | 21,2 |
| Каталитический крекинг   | 4,1    | 23,5 | 31,7 |
| Термокрекинг             | 3,2    | 8,2  | 12,4 |
| Гидроочистка             | 15,7   | 41,7 | 39,5 |
| Гидрокрекинг             | 0,2    | 2,8  | 7,9  |
| Алкилирование            | 0,2    | 5,1  | 6,3  |
| Изомеризация             | -      | 4,0  | 5,0  |

Углубление переработки нефти на 1% потребует энергии в 15-20 раз меньше, чем увеличение добычи на 1%.

Потребление нефтепродуктов в России в млн.т:

1990 год -250; 1994 -135; 1995 -136; 2000 -140; прогноз 2010 -165; 2020 - 190. Добываемые нефтяные и природные газы, в составе которых преимущественно содержится метан, используют в основном как котельно-печное топливо. Запас тепловой энергии в природных газах особенно велик. Теплотворная способность разных энергоносителей приводится в таблице.

| Компонент              | Низшая теплота сгорания, тыс. ккал/кг | Низшая теплота сгорания<br>CH <sub>4</sub> =8555 ккал/кг, C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> = 15226 ккал/кг, C <sub>3</sub> =21795 ккал/кг, C <sub>4</sub> =28338 ккал/кг. |
|------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Дрова                  | 4,5-5                                 |                                                                                                                                                                        |
| Торф                   | 4,5-5,5                               |                                                                                                                                                                        |
| Каменный уголь         | 6-8,5                                 |                                                                                                                                                                        |
| Керосин, бензин, мазут | 10,5-11,5                             |                                                                                                                                                                        |
| Природный газ          | 8,5-12                                |                                                                                                                                                                        |
| Попутные нефтяные газы | 10-16                                 |                                                                                                                                                                        |
| Сжиженные газы         | 12                                    |                                                                                                                                                                        |

Себестоимость газообразного топлива сравнительно невелика, а экологически это самое чистое топливо.

**Уголь** - применяется как бытовое, котельное топливо и топливо для металлургических печей. Из угля получают жидкие органические продукты путем его коксования, газификации или гидрирования.

Продукты коксования: каменноугольная смола -это высокоароматизированный жидкий продукт для нефтехимии.

Продукты газификации углей: синтез-газ (CO+H<sub>2</sub>) для реакции Фишера-Тропша с целью получения метанола или углеводов.

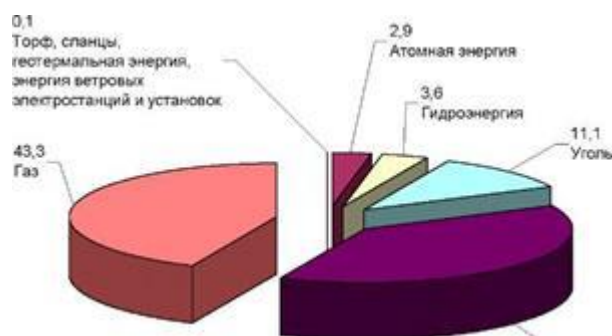
Продукты прямого гидрирования углей: широкая фракция ИЖТ (искусственное жидкое топливо), из которой, как из нефти, получают разные виды топлив. Однако этот метод ограничен высокой с/с готовых продуктов. Это перспектива.

В структуре топливно-энергетического баланса, как за рубежом, так и в России за последнее время доля нефти возрастает, а доля угля неуклонно снижается, быстрыми темпами растет доля природного газа, расширяется использование атомной энергии.

Прогнозные цифры на 2000г. уголь - 23,7 %, нефть 26,3 %, атом - 22 %, газ - 23%. Из-за быстрого роста использования атомной энергии и природного газа произошло замедление роста доли нефти в структуре баланса некоторых стран.

Структура топливно-энергетического баланса любой страны в основном определяется уровнем и направлением развития их экономики. Страны с высокоразвитой промышленностью имеют большую долю нефти в своих энергетических балансах, чем аграрные, слаборазвитые страны.

Структура энергоносителей России 2004

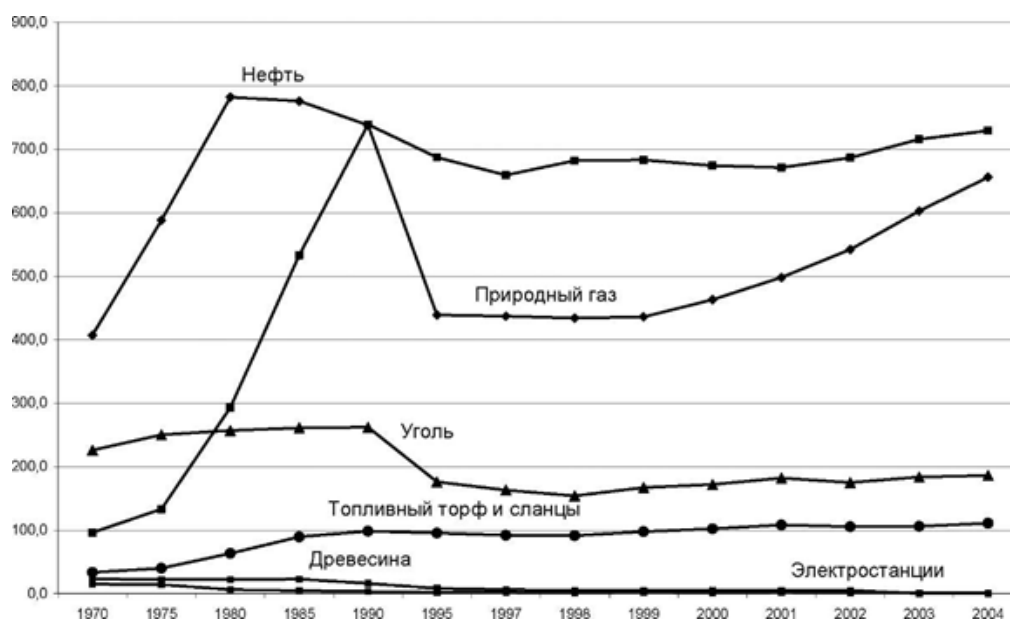


Изменение структуры топливно-энергетического баланса России таково, что доля газа в нем непрерывно растет.

За последние 10 - 20 лет быстро наращивается добыча природного газа. Общие мировые запасы газа оцениваются в 130 - 140 трлн. м<sup>3</sup>/год, а мировая добыча составляет 1,8 млрд. м<sup>3</sup>/год. Так в

1994 году добыча газа в странах СНГ составила 730 млрд. м<sup>3</sup>/год, в том числе в России 580 млрд. м<sup>3</sup>/год.

За последние годы значение нефти как основного энергоисточника постепенно уменьшается, на первые позиции выходят более экономичные и главное экологически чистые источники энергии, такие как природный газ, гидроэнергоресурсы, ресурсы атомной энергии.



Тем не менее, роль нефтепродуктов по-прежнему велика, мощности нефтехимических заводов увеличиваются, в продукции нефтепереработки растет доля сложных типов перегонки - термического и каталитического крекинга и риформинга. История промышленной нефтепереработки берет начало в 18 веке.

В 1745 году был построен первый нефтеперегонный завод в России на реке Ухте, а в 1823 году второй завод - около г. Моздока. На этих заводах отгоняли осветительный керосин, а легко испаряющийся головной продукт перегонки - бензин и тяжелый остаток - мазут сжигали в

«мазутных» ямах, не находили им применения. Первоначально нефти перегоняли в кубах периодического действия, а с середины 80-х годов 19 века - на кубовых батареях непрерывного

действия. Создателями кубовых батарей для перегонки нефти и мазута были русские инженеры: Инчик А.Ф., Шухов В.Г., Елин И.И.

В 1876 году Шухов изобрел форсунку для сжигания жидкого топлива, в результате балласт производства - мазут стал применяться в качестве топлива для паровых котлов. В том же году Д.И.

Менделеев показал возможность получения из мазута минеральных смазочных масел перегонкой в вакууме или в токе водяного пара. Нефтяные масла стали вытеснять животные и растительные. Русские минеральные масла широко экспортировались за границу и считались самыми высококачественными.

Появление первых автомобилей дало толчок дальнейшему развитию нефтепереработки: наряду с керосином стали получать из нефти и бензин моторное топливо для автомобилей; благодаря открытию в 1890 году Шуховым и Гавриловым трубчатой нефтеперегонной установки непрерывного действия.

В развитие отечественной нефтепереработки большой вклад внесли русские исследователи: Летний, Харичков, Обрядчиков, Фрост и др. (термический крекинг). Велика роль ученых химиков: Зелинского, Казанского, Молдавского, Морковникова - разработали основы каталитического крекинга и кат. риформинга.

В начале 20 века почти вся добыча нефти в России была сосредоточена в районе г. Баку, который вскоре стал крупнейшим нефтяным центром Европы. В 1913 году 80 % добытой нефти приходилось на район Баку, 16 % - Грозный, остальное - Урало-Эмбенский район, Фергана, Майкоп.

После октябрьской революции развитие нефтяной промышленности значительно ускорилось. Инженеры и ученые во главе с Губкиным И.М. провели работу по ликвидации последствий гражданской войны и восстановлению и перевооружению нефтяной промышленности. В 1928 году - завершился восстановительный период нефтяной промышленности. Великая отечественная война - широкое внедрение карбюраторных, дизельных газотурбинных турбореактивных, турбовинтовых двигателей определило широкий размах в развитии нефтяной и газовой отрасли. В послевоенный период создается и внедряется технология комплексной переработки серистых нефтей, высокосмолистых, парафинистых нефтей Восточной Сибири. Было организовано промышленное использование природных и попутных нефтяных газов для производства минеральных удобрений, спиртов, полиэтилена, полипропилена, синтетич. каучука, синтетических волокон, пластмасс и др. Использование углеводородного нефтехимического сырья позволило высвободить значительное количество пищевых продуктов: зерна, картофеля, свеклы, растительных масел и животных жиров. Использование природного газа в металлургии привело к росту производительности труда и 30% экономии дорогостоящего кокса.

На базе больших запасов природных и нефтяных газов можно организовать крупнотоннажные и высокорентабельные производства этана, сжиженных газов (пропан, бутан), моторного топлива. Учитывая высокую эффективность газового сырья многие нефтедобывающие страны расширяют строительство газоперерабатывающих заводов. Природный и нефтяной газ - это еще сырье для производства дешевой серы, гелия и минеральных удобрений. Первый этап развития переработки газа

- 20-40 годы - эра газового бензина ( $C_5$  и выше), т. к. ГПЗ в этот период строили с целью извлечения газового бензина и подготовки газа к транспортировке. На ГПЗ из газа выделялась свободная влага, удалялись механические примеси, производилась осушка до заданной точки росы. Второй этап: - эра сжиженных газов - 50-60 годы, т. к. ГПЗ стали строить в основном с целью извлечения сжиженных газов (пропана, бутана), которые использовались в качестве коммунально-бытового, моторного топлив и нефтехимического сырья. Третий этап - середина 60-х годов - эра этана, т.к. в этот период стали извлекать из газа товарный этан (широкая этановая фракция).

На современных ГПЗ строят комбинированные установки, на которых совмещается несколько технологических процессов, наблюдается тенденция к увеличению единичных мощностей технологических линий. Так, например, МГПЗ пущен в 1972 году и мощность 1 нитки составляла 1.7 млрд.м<sup>3</sup>/год, а уже каждая очередь Оренбургского ГПЗ составляла 5 млрд.м<sup>3</sup>/год и Астраханский ГПЗ - 12 млрд.м<sup>3</sup>/год.

Природные энергоносители (нефть, газ) - это не только источники получения энергии, они являются также сырьевой базой химической отрасли промышленности. Д.И. Менделеев рассматривал нефть как ценнейшее химическое сырье и призывал химиков всесторонне исследовать её и разрабатывать новые пути её химической переработки.

Сырьевой базой промышленности органического синтеза являются газы, содержащие значительные количества этана, пропана, бутана и более тяжелых углеводородов. *Этан* является сырьем для в производстве этилена, который необходим при производстве пластмасс, оксида этилена и ПАВ. Так, по объему производства и структуре потребления этилена определяют уровень развития промышленности органического синтеза. В США в связи с высокой эффективностью этого сырья производство этана увеличилось в конце 60-х годов на 24-31 %, и последующий ежегодный прирост составил 5-25 %.

В Западной Европе после открытия крупных месторождений повысился интерес к легкому пиролизному сырью, т. к. из этана можно производить до 25% этилена. Повышенный интерес к этому сырью объясняется тем, что использование этана в химической и нефтехимической отраслях промышленности позволяет улучшить структуру пиролизного сырья и обеспечить высокую сбалансированность производства и потребления этилена с одной стороны, бутадиена и др. побочных продуктов пиролиза бензина, с другой стороны, (этилен-полиэтилен, этилен - этиловый спирт) производства с законченным технологическим циклом. Выход этилена из этана - 70 %, из бензина - 27 %, из вакуумного газойля - 15%.

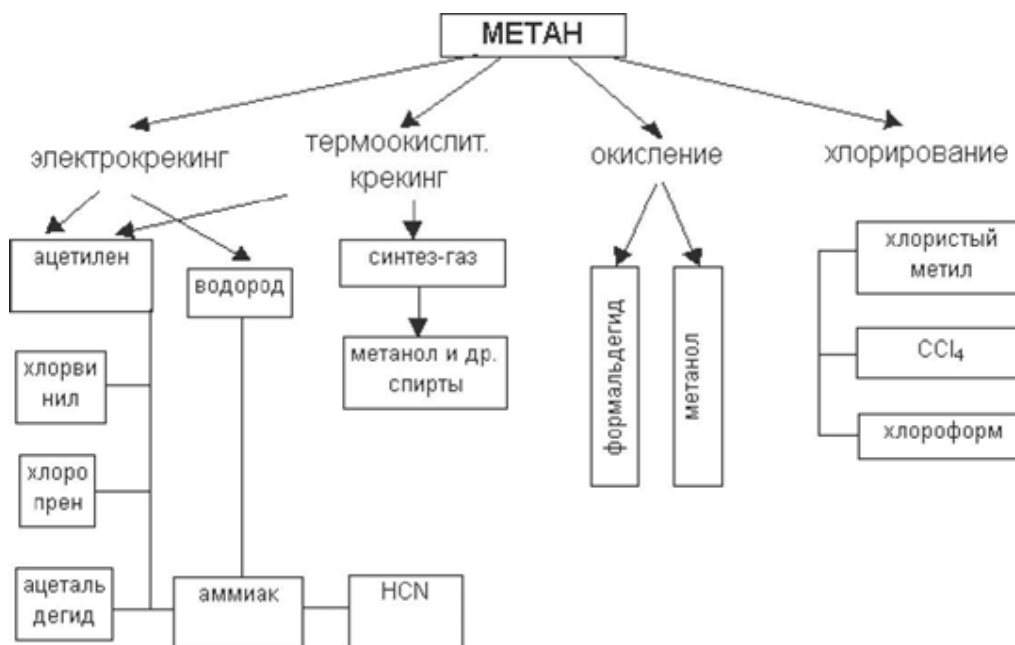
На нефтеперерабатывающих заводах пропилен содержится в газах пиролиза бензина и каталитического крекинга тяжелых нефтяных фракций. Развитие и рост этиленпотребляющих производств способствует развитию и строительству этиленовых установок большой единичной мощности. В последние годы широкое развитие получило крупнотоннажное производство кормового белка из синтетического этилового спирта методом микробиологического синтеза. Перспективным является использование этана в качестве сырья для производства винилхлорида ацетальдегида и этилового спирта взамен промежуточного этилена. Таким образом, газовое сырье является наиболее

эффективным в нефтехимической промышленности.

Другой компонент природных и нефтяных газов - *пропан*, в США около 65 % вырабатывают на ГПЗ используется в качестве нефтехимического (пиролизного) сырья, коммунально-бытового и моторного топлива, сушки с/х продукции. Из газов извлекают также н-бутан, i-бутан, C<sub>5</sub>, i-Q, которые используют для производства синтет. каучука, моторного топлива, сжиженного газа. Сырье и моторное топливо, получаемые из газа - высокоэффективны, имеют повышенный интерес на рынке, т. к. методы их получения путем углубления переработки нефти более дорогостоящие.

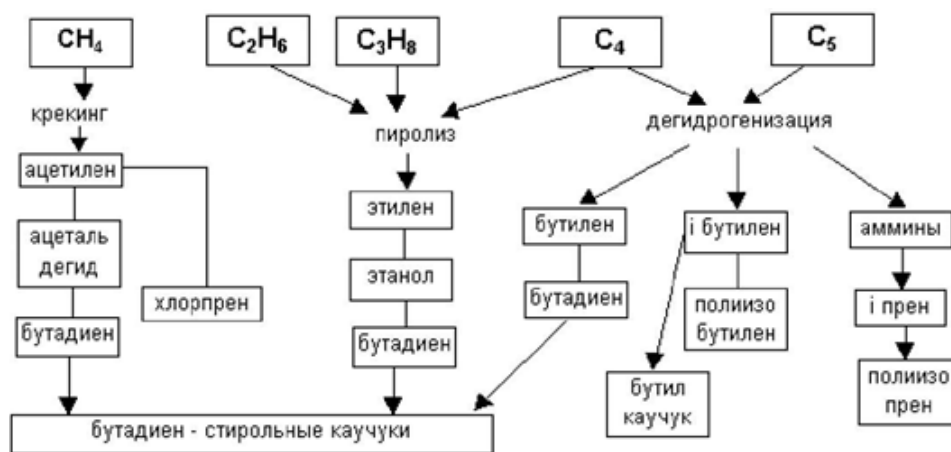
В последнее время наметилась тенденция комплексного подхода к использованию ресурсов нефтяных и природных газов, т. к. увеличение производства моторных топлив и нефтехимического сырья будет обеспечиваться, в основном, за счет увеличения мощностей вторичных процессов переработки нефти (крекинга) и ввода мощностей по переработке угля, для строительства которых требуются большие кап. вложения.

В промышленности применяются различные методы химической переработки метана и его производных



#### Пути получения синтетических каучуков из газа

Даже вредные балластные компоненты природных газов могут использоваться в народном хозяйстве: CO<sub>2</sub> - для производства жидкой углекислоты и сухого льда, H<sub>2</sub>S - для получения S и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Я<sup>^</sup>N - для получения одоранта.



Направление химической переработки природных газов выбирается в зависимости от их ресурсов, состава, потребности в них, а также от местоположения районов добычи и потребления, а также сравнительных технико-экономических показателей (кап. затраты, металлозложения, себестоимость сырья энергоемкость и др.).

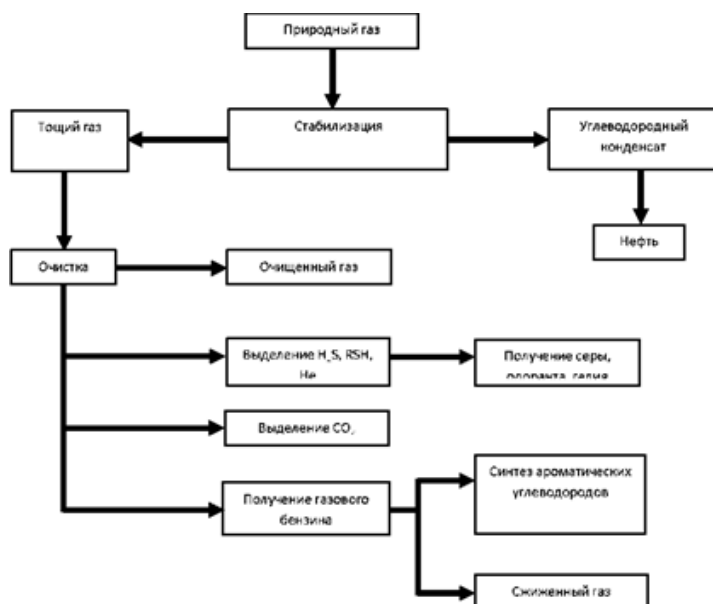


Рисунок - Структурная схема переработки природного газа

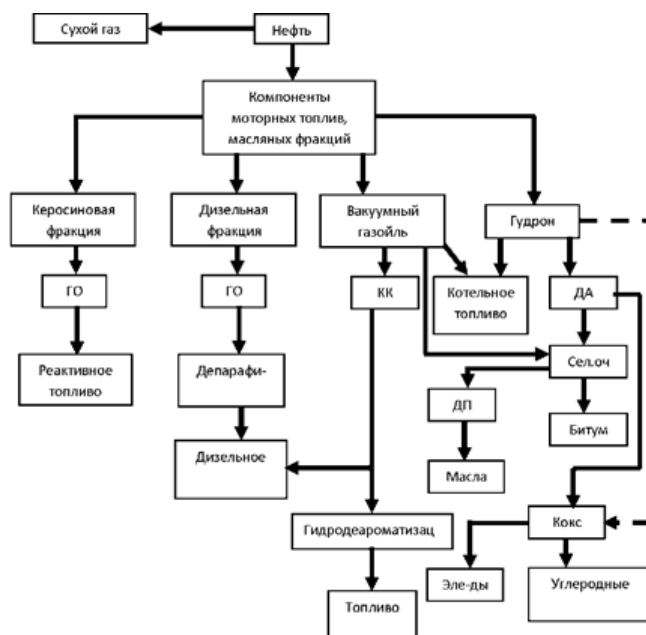


Рисунок - Структурная схема переработки нефти

#### Вопросы и задания:

1. Структурная схема переработки нефти
2. Структурная схема переработки природного газа
3. Сырье и моторное топливо

#### Список литературы:

1. Вержичинская, С. В. Химия и технология нефти и газа : учеб. пособие / С. В. Вержичинская, Н. Г. Дигуров, С. А. Сеницин. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ФОРУМ, 2009. – 400 с.
2. Технология переработки нефти : в 2 ч. : учеб. пособие / [О. Ф. Глаголева, В. М. Капустин, Т. Г. Гюльмисарян [и др.]] ; под ред. О. Ф. Глаголевой, В. М. Капустина, Ч.1, Первичная переработка нефти. – М. : Химия : КолосС, 2005. – 400 с. – Гриф: Доп. МО.
3. Жирнов, Б.С. Первичная переработка нефти : учеб. пособие / Б.С. Жирнов, Н. Г. Евдокимова ; Мин-во образования и науки, ГОУ ВПО Уфимский гос. нефт. техн. ун-т. - Уфа : УГНТУ, 2005. - 167 с. : ил., табл. - Гриф: Доп. УМО.
4. Мановян, А. К. Технология первичной переработки нефти и природного газа : учеб. пособие для вузов / А. К. Мановян. – 2-е изд., испр. – М. : Химия, 2001. – 568 с.

## **Практическое занятие № 16. Состав природных и попутных газов**

**Цель:** Приобретение знаний и практических навыков в современных условиях развития альтернативных технологий в нефтегазоперерабатывающей промышленности.

**Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части:**

**Знания:** знать принцип работы технических средств для измерения основных параметров технологического процесса, свойства сырья и продукции, конкретные технические решения при разработке технологических процессов, технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения

**Умения:** уметь осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения

**Компетенции или их части:**

- Способен обеспечить технологическое сопровождение процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-1)

- Способен обеспечить документационное сопровождение разработки и внедрения мероприятий по повышению эффективности технологического процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-2)

**Актуальность темы:** Знания и умения, полученные в ходе практического занятия, будут использованы при написании дипломной работы бакалавра, и при дальнейшей их производственной деятельности для получения моторных топлив из альтернативных источников сырья на предприятиях и подразделениях нефтегазоперерабатывающей промышленности.

### **Теоретическая часть:**

Основным сырьем для газоперерабатывающей промышленности являются нефтяные газы и природные газы газоконденсатных месторождений. Природные газы чисто газовых месторождений, состоящих преимущественно из метана, не перерабатываются. Природные газы способны образовывать с воздухом взрывоопасные смеси: пределы воспламенения 5-15% по метану). По токсикологическим свойствам - 4 класс опасности, ПДК углеводородов в воздухе рабочей зоны - 300 мг/м<sup>3</sup>.

По углеводородному составу нефтяные газы очень разнообразны, в зависимости от содержания в них тяжелых углеводородов различают сухие (тощие) и жирные газы. Состав различных газов приводится в таблице, из которой видно, что природные газы содержат меньше тяжелых углеводородов, чем попутные нефтяные. Кроме углеводородов в газах содержится азот, сероводород, CO<sub>2</sub>, RSH, влага.

| Месторождение                    | ρ по<br>возд. | H <sub>2</sub> S | N <sub>2</sub><br>редк | +CO <sub>2</sub> | C <sub>1</sub> | C <sub>2</sub> | C <sub>3</sub> | i-C <sub>n</sub> | n-C <sub>n</sub> | C <sub>5</sub> +<br>высш |
|----------------------------------|---------------|------------------|------------------------|------------------|----------------|----------------|----------------|------------------|------------------|--------------------------|
| Нефтяной попутный<br>Грозненское | 1,482         | --               | --                     | --               | 30,8           | 7,5            | 21,5           | 9,9              | 10,5             | 19,8                     |
| Природный газ<br>Ставропольское  | 0,561         | --               | --                     | --               | 98             | 0,31           | 0,44           | 0,05             | 0,05             | --                       |
| ГКМ                              |               |                  |                        |                  |                |                |                |                  |                  |                          |
| Каневское                        | --            | --               | 1,4                    | 0,4              | 88,5           | 3,8            | 2,9            | 1,7              | 1,7              | 1,3                      |
| Астрахань                        |               | 20               | 0,55                   | 16,5             | 55,92          | 1,86           | 0,88           | 0,72             |                  | 3,57                     |
| Оренбург                         |               | 1,75             | 6,23                   | 0,57             | 83,9           | 3,81           | 1,53           | 0,84             |                  | 1,58                     |

Содержание конденсата (жидких углеводородов) в газах ГКМ различное и составляет от 2 до 160 мл/м<sup>3</sup>. Например, газ Астраханского ГКМ характеризуется конденсатосодержанием 513 см<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>, Вуктыльское ГКМ - 400 г/м<sup>3</sup>.

Состав и количество попутных газов зависит от режима сепарации нефти, значительная часть газообразных углеводородов остается в нефти. Состав газов, которые остаются в нефти следующий.

| Нефть        | N <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> | C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> | iC <sub>n</sub> | nC <sub>n</sub> | Q+высшие |
|--------------|----------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|----------|
| Ромашкинская | 2,8            | --              | 6,4                           | 29,1                          | 5,1             | 35,5            | 21,1     |

Газы представляют большую ценность как сырье для химической переработки: производят аммиак, этилен, ацетилен, формальдегид, водород, серу, серную кислоту, углекислоту и др. ГКМ северных месторождений содержат в своем составе до 6-7% этана и более.

Сначала из газа необходимо извлечь все ценные минеральные компоненты, а углеводородную часть использовать для разделения на индивидуальные компоненты. Технология переработки газа включает процессы очистки, первичной переработки (компрессия, абсорбция, адсорбция, низкотемпературная конденсация и др.) Выбор способа переработки газа определяется его компонентным составом, давлением газа. Качество товарного газа должно отвечать требованию государственных (ГОСТ), отраслевых (ОСТ) стандартов или техническим условиям. ГОСТы - регламентируют продукты, выпускаемые несколькими отраслями промышленности. ОСТы - регламентируют качество продукции одной отрасли.

ТУ - отражают договоренность отдельных предприятий с производителем продукции, могут меняться в любое время по взаимному согласию поставщика и потребителя.

**Газы переработки горючих ископаемых** - газы подземной газификации углей (ПГУ, Д.И.Менделеев 1888 год), метан угольных пластов. Состав этих газов отличается от состава природных и нефтяных газов. Состав газов ПГУ зависит от класса угля (бурый, каменный, антрацит и т.д.), гидрогеологических условий залегания угольного пласта, мощности пласта, а

также от состава подаваемого в скважину дутья (воздух, паровоздушное или парокислородное дутье) и имеет следующий состав, % об.: CO<sub>2</sub> -13; O<sub>2</sub> -0,2; CO -12,4; H<sub>2</sub> -12,2; CH<sub>4</sub> -2,1; N<sub>2</sub> - 59,3.

Теплота сгорания газов ПГУ от 4,6 до 11 МДж/м<sup>3</sup> в зависимости от применяемого дутья (на воздушном самая низкая, на чистом техническом кислороде -максимальная). Добыча метана на

угольных месторождениях в 2003 году достигла 45 млрд.м<sup>3</sup>.

**Вопросы и задания:**

1. Газы переработки горючих ископаемых
2. Содержание конденсатов

**Список литературы:**

1. Вержичинская, С. В. Химия и технология нефти и газа : учеб. пособие / С. В. Вержичинская, Н. Г. Дигуров, С. А. Синицин. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ФОРУМ, 2009. – 400 с.
2. Технология переработки нефти : в 2 ч. : учеб. пособие / [О. Ф. Глаголева, В. М. Капустин, Т. Г. Гюльмисарян [и др.]] ; под ред. О. Ф. Глаголевой, В. М. Капустина, Ч.1, Первичная переработка нефти. – М. : Химия : КолосС, 2005. – 400 с. – Гриф: Доп. МО.
3. Жирнов, Б.С. Первичная переработка нефти : учеб. пособие / Б.С. Жирнов, Н. Г. Евдокимова ; Мин-во образования и науки, ГОУ ВПО Уфимский гос. нефт. техн. ун-т. - Уфа : УГНТУ, 2005. - 167 с. : ил., табл. - Гриф: Доп. УМО.
4. Мановян, А. К. Технология первичной переработки нефти и природного газа : учеб. пособие для вузов / А. К. Мановян. – 2-е изд., испр. – М. : Химия, 2001. – 568 с.

## **Практическое занятие № 17. Промысловая подготовка газа**

**Цель:** Приобретение знаний и практических навыков в современных условиях развития альтернативных технологий в нефтегазоперерабатывающей промышленности.

**Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части:**

**Знания:** знать принцип работы технических средств для измерения основных параметров технологического процесса, свойства сырья и продукции, конкретные технические решения при разработке технологических процессов, технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения

**Умения:** уметь осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения

**Компетенции или их части:**

- Способен обеспечить технологическое сопровождение процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-1)
- Способен обеспечить документационное сопровождение разработки и внедрения мероприятий по повышению эффективности технологического процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-2)

**Актуальность темы:** Знания и умения, полученные в ходе практического занятия, будут использованы при написании дипломной работы бакалавра, и при дальнейшей их производственной деятельности для получения моторных топлив из альтернативных источников сырья на предприятиях и подразделениях нефтегазоперерабатывающей промышленности.

### **Теоретическая часть:**

#### **Очистка газа от твердых и жидких примесей**

Природный газ в своем составе содержит механические примеси, влагу, жидкие углеводороды. Предварительно эти примеси необходимо из газа удалить, т.к. они способствуют быстрому износу технологического оборудования, вызывают коррозию, нарушают технологию эксплуатации оборудования. Из газа должна быть удалена не только жидкая фаза (капельная влага), но и парообразная влага (точка росы минус 5<sup>0</sup> С), т.к. при низких температурах может образовываться твердая фаза в виде гидратов, которая забивает аппаратуру.

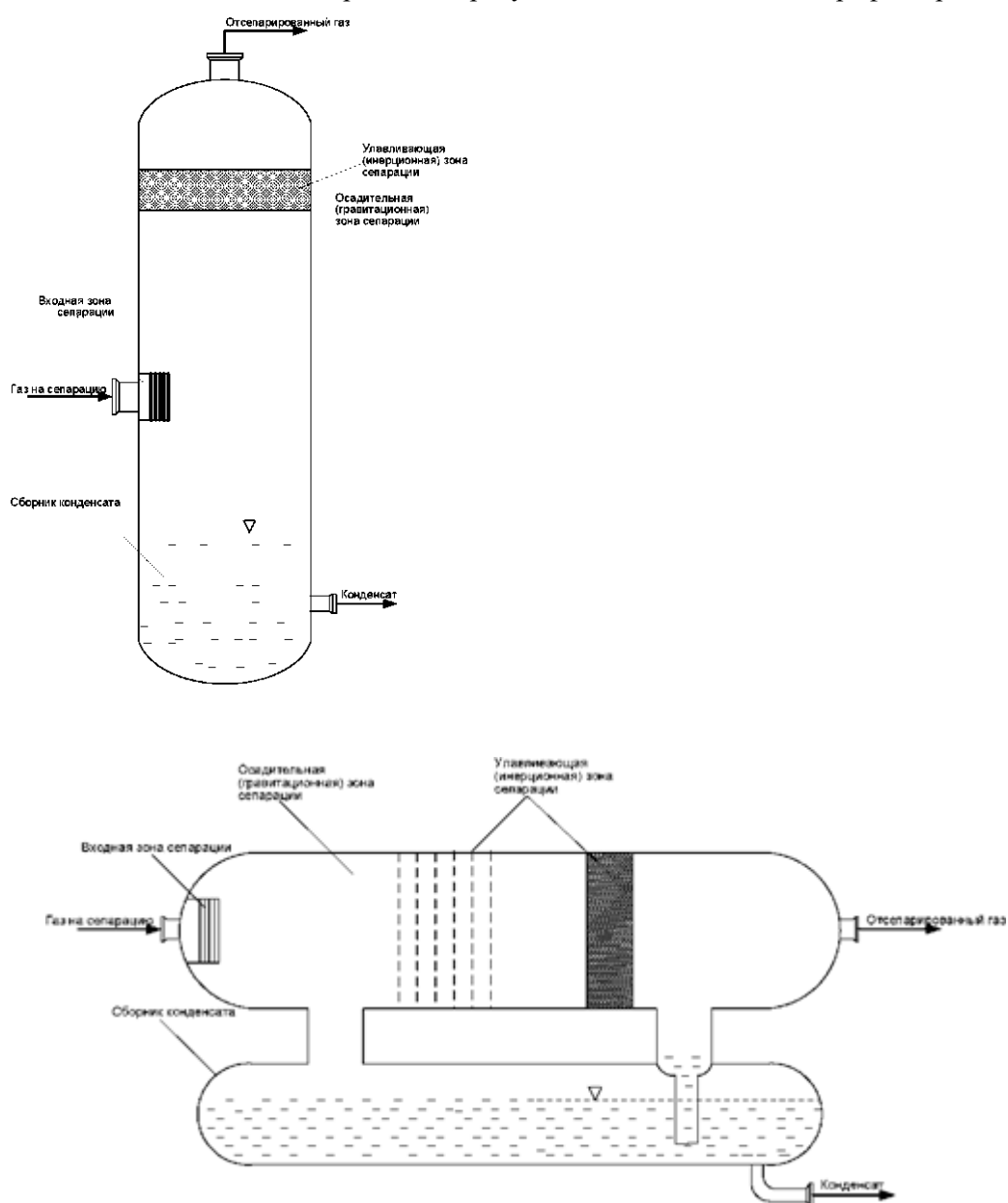
Первая ступень очистки добытого газа - на промыслах (на СП), технология очистки достаточно проста: газ со скважины поступает в сепаратор, где от него отделяются механические примеси и капельная влага.

Конструкции сепарационных устройств чаще всего объединяют в себе и гравитационные, и насадочные, и центробежные, и фильтрующие принципы. Общим требованием к конечным

сепараторам является унос не более  $20 \text{ мг/м}^3$ , по последним требованиям -  $10 \text{ мг/м}^3$ . **Наиболее распространены гравитационные (осадительные) аппараты**, в которых отделение твердых и жидких частиц происходит за счет гравитационных сил: газ, поступив в аппарат меняет направление и скорость, в результате более тяжелые частицы механических примесей осаждаются на дно, а газ уходит в верх аппарата.

Для расчета скорости осаждения твердых частиц используется формула  $W_{ос} = V \sqrt{\frac{4}{3} \cdot \frac{\rho_t - \rho_g}{\rho_g} \cdot g}$ , где коэффициент сопротивления газа. Гравитационные сепараторы бывают как горизонтальные, так и шарообразные. Общим для них является наличие отстойной (осадительной) зоны. В этой зоне происходит отделение дисперсных частиц под действием силы тяжести (см. уравнение), на входе газа имеются отбойные пластины, а перед выходом газа из аппарата - каплеотбойники.

Конкретная конструкция сепаратора выбирается в зависимости от производительности по газу, давления, наличия механических примесей, требуемой степени очистки и др. факторов.



Инерционные (насадочные) - в которых используется насадка с развитой поверхностью (кольца Рашига). Принцип работы: капли ударяются о поверхность насадки, а газ многократно меняет

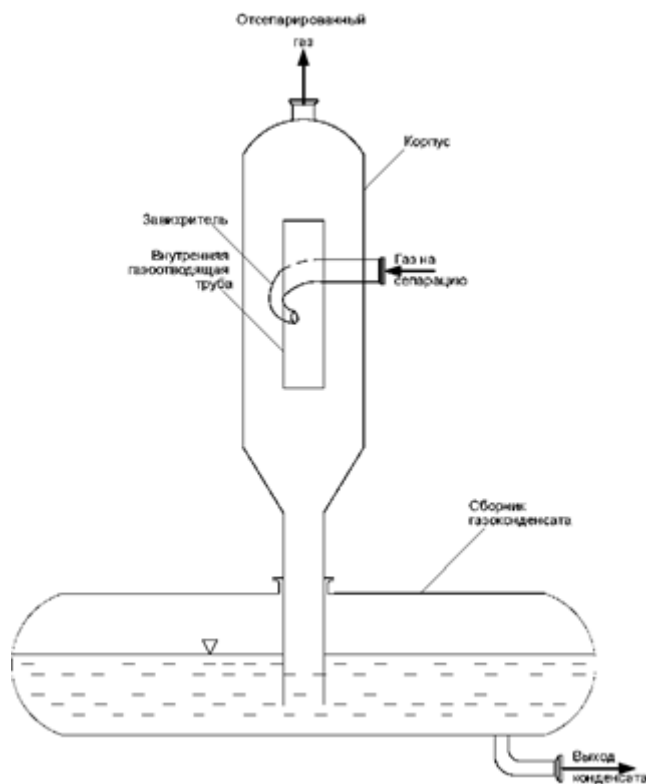
направление движения. Степень улавливания капель -99%. Производительность аппаратов может достигать 6 млн.м³/сут (D=3м).

Особенность насадочных сепараторов - жидкость стекает вниз навстречу потоку газа и при определенной скорости может наступить момент, когда за счет сил трения газ может приостановить движение жидкости. Наступает момент «зависания», «захлебывания», а скорость - критическая скорость.  $W_{кр} = \sqrt{\frac{2\sigma}{r(\rho - \rho_g)}}$  где  $\rho$  - кг/м³ а-поверхностное натяжение, н/м  $\sigma$  - м²/с

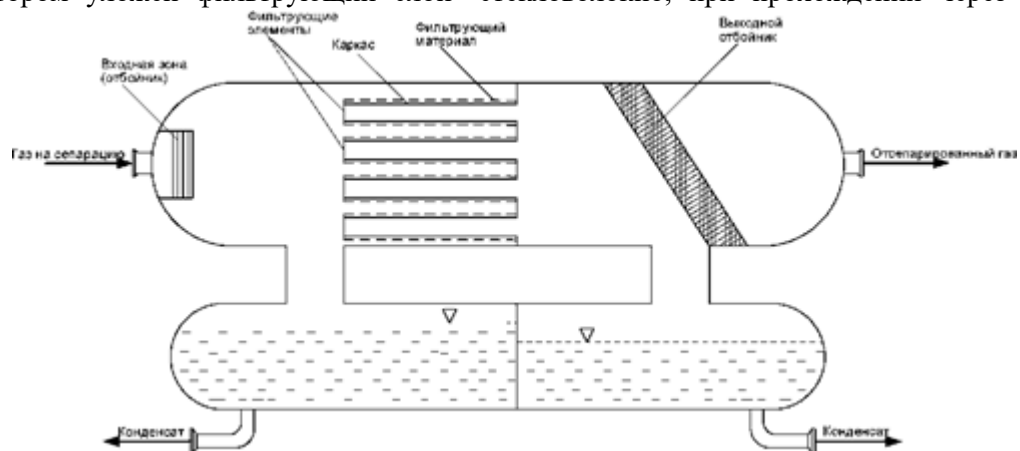
K -коэффициент, учитывающий конструкцию сепаратора, для жалюзийных K=0,45., для горизонтальных сетчатых K=0,6 , для вертикальных сетчатых K=0,9. Для определения рабочей скорости используется формула  $W_p = (0,8-0,85) * W_{кр}$

Критическая скорость для сетчатых сепараторов в 1,5-2 раза выше, чем для сетчатых, их используют для окончательной очистки газа.

**Центробежные сепараторы-** принцип действия основан на том, что центробежные силы возникают в предварительно закрученном потоке газа. Эффективность таких сепараторов достигает 90-95%. Используются на входных участках для предварительной очистки, особенно, если много мех.примесей



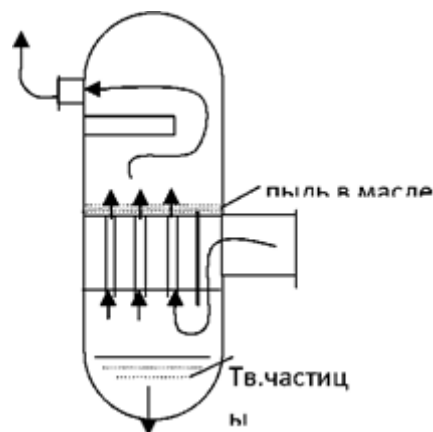
**Фильтрующие сепараторы** - для тонкой очистки от частиц диаметром 5-10 мкм, которые не улавливаются другими конструкциями сепараторов. Такие сепараторы состоят из: 1 зона- входная, 2 зона - фильтрующая, 3 зона - каплеуловитель. Фильтрующие элементы представляют патрубок- каркас, на котором уложен фильтрующий слой- стекловолокно, при прохождении через фильтр капли



коалесцируют (слипаются), укрупняются и стекают в сборник.

Для отделения пыли от газа применяют циклоны, масляные пылеуловители и электрофильтры, в которых используется поле высокого напряжения

Для очистки от пыли распространены масляные пылеуловители



Пропускная способность пылеуловителя рассчитывается по формуле

$$Q_{\text{ж}} = \frac{D^2 \cdot P}{T} \cdot 10^6 \left[ \frac{\gamma_{\text{ж}} - \gamma_{\text{г}}}{\gamma_{\text{г}}} \right]^{0.5}$$

$Q_{\text{ж}}$  - кол-во газа при 20° С,  $P=760$  мм рт ст, м<sup>3</sup>/сут;  $D$  - внутренний диаметр пылеуловителя, м;

$P$  - давление, кгс/см<sup>2</sup>;

$\gamma_{\text{ж}}$ ,  $\gamma_{\text{г}}$  - уд.вес жидкости и газа, кг/м<sup>3</sup>;  $T$  - температура в аппарате, К.

Опыт эксплуатации масляных пылеуловителей показал, что они чрезвычайно чувствительны к перегрузкам, при  $Q_{\text{ж}}$  выше проектного наблюдается унос масла. Эффективность очистки на таких аппаратах достигает 95-98%.

**Циклоны** - вертикальные аппараты, состоящие из верхней цилиндрической части и нижней - конической, применяются для очистки газа от пыли размером частиц 5 мк и выше. Мелкая пыль (<5) проходит через циклон, не осаждаясь.

Частицы пыли имеют плотность на два порядка выше, чем газа, они отбрасываются к стенкам, накапливаются и сползают вниз в бункер. Циклоны используются в деревообрабатывающей промышленности.

Чем больше скорость газа, тем больше ЛРск -скоростная составляющая потерь давления в аппарате. Поэтому на входе в циклоны поддерживается оптимальная скорость газового потока около 20–25 м/с. Определяется  $ЛРск = 0,5 \cdot \rho \cdot W^2$ , где  $\rho$  - плотность частиц пыли кг/м<sup>3</sup>.

Газ выводится тангенциально в верхнюю часть, приобретает вращательное движение, твердые частицы, имеющие большую массу, чем газ, в результате центробежных сил, отделяются от газа, поступают в коническую часть аппарата, а затем выводятся из него. Очищенный газ выводится с верха аппарата.

Степень очистки газа - это отношение количества уловленной пыли к количеству пыли, поступающему с газом - зависит от диаметра циклона, диаметра частиц пыли

При расчете циклонов определяют диаметр, число циклонов, перепад давления. Исходными данными для расчета являются количество газа и его параметры.

$$D = 0,536 \cdot \sqrt{\frac{g \cdot \gamma_g \cdot \xi}{\Delta \rho}}$$

$g$  - объем газа через один циклон, м<sup>3</sup>/с;  $\gamma_g$  - уд.вес газа, кг/м<sup>3</sup>;

коэффициент сопротивления газа, зависит от типа циклона и меняется от 105 до 180; Лр- гидравлическое сопротивление циклона мм. вод.ст.

$$\Delta \rho = \xi \cdot \frac{\gamma_g \cdot W^2}{2g} \quad \text{мм.вод.ст.}$$

$W$  - скорость газа в цилиндр. части, м/с;  $g$  - 9,8 ускорение силы тяжести.

Применяются **батареи циклонов**, это параллельно включенные циклоны, диаметр каждого от 100 до 250 мм. Степень очистки - 50-98% в зависимости от диаметра циклона и размера частиц.

#### Вопросы и задания:

1. Виды сепараторов
2. Гравитационные сепараторы
3. Центробежные сепараторы
4. Доочистка от пыли

#### Список литературы

1. Вержичинская, С. В. Химия и технология нефти и газа : учеб. пособие / С. В. Вержичинская, Н. Г. Дигуров, С. А. Сеницын. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ФОРУМ, 2009. – 400 с.
2. Технология переработки нефти : в 2 ч. : учеб. пособие / [О. Ф. Глаголева, В. М. Капустин, Т. Г. Гюльмисарян [и др.]] ; под ред. О. Ф. Глаголевой, В. М. Капустина, Ч.1, Первичная переработка нефти. – М. : Химия : КолосС, 2005. – 400 с. – Гриф: Доп. МО.
3. Жирнов, Б.С. Первичная переработка нефти : учеб. пособие / Б.С. Жирнов, Н. Г.

Евдокимова ; Мин-во образования и науки, ГОУ ВПО Уфимский гос. нефт. техн. ун-т. - Уфа : УГНТУ, 2005. - 167 с. : ил., табл. - Гриф: Доп. УМО.

4. Мановян, А. К. Технология первичной переработки нефти и природного газа : учеб. пособие для вузов / А. К. Мановян. – 2-е изд., испр. – М. : Химия, 2001. – 568 с.

## **Практическое занятие № 18. Осушка природного газа**

**Цель:** Приобретение знаний и практических навыков в современных условиях развития альтернативных технологий в нефтегазоперерабатывающей промышленности.

**Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы семинара, формируемые компетенции или их части:**

**Знания:** знать принцип работы технических средств для измерения основных параметров технологического процесса, свойства сырья и продукции, конкретные технические решения при разработке технологических процессов, технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения

**Умения:** уметь осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции, принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения

**Компетенции или их части:**

- Способен обеспечить технологическое сопровождение процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-1)

- Способен обеспечить документационное сопровождение разработки и внедрения мероприятий по повышению эффективности технологического процесса переработки нефти, газа и химического сырья (ПК-2)

- )

**Актуальность темы:** Знания и умения, полученные в ходе практического занятия, будут использованы при написании дипломной работы бакалавра, и при дальнейшей их производственной деятельности для получения моторных топлив из альтернативных источников сырья на предприятиях и подразделениях нефтегазоперерабатывающей промышленности.

### **Теоретическая часть:**

Все природные и нефтяные газы, добываемые из недр земли, насыщены парами воды, т.к. горные породы, содержащие газ или нефть, снизу подстилает пластовая вода. Влага, присутствующая в газе, осложняет его транспорт и переработку (коррозия, гидраты).

Температура, при которой происходит конденсация водяных паров, называется *точкой росы*. По ГОСТ точка росы газа не должна превышать  $+5^{\circ}\text{C}$ . Точка росы соответствует максимальному содержанию водяных паров в газе при данном давлении.

Влагосодержание газа (абсолютная влажность) - масса водяных паров, находящихся в единице объема или в единице массы газа -  $\text{г/м}^3$  или  $\text{г/кг}$ .

Относительная влажность - отношение фактического содержания водяного пара к массе насыщенного пара, который мог бы находиться в данном объеме при тех же  $t$  и  $P$  ( $\text{в}\%$ ).

При определении влажности природных газов с относительной плотностью по воздуху 0,6

пользуются уравнением *Бюачека*

$$W=A/P+B$$

P - абсолютное давление газа, кг/см<sup>2</sup>; A - коэф-т (влажностное содержание идеального газа);

B - коэф-т, учитывающий отклонение реального газа от идеального; A, B - данные по таблицам.

| T° C | A     | B      |
|------|-------|--------|
| 0    | 4,67  | 0,0418 |
| 2    | 5,4   | 0,0464 |
| 4    | 6,225 | 0,0515 |
| 10   | 9,39  | 0,0696 |
| 20   | 17,87 | 0,1120 |

Для природных газов, плотность которых больше, чем 0,6, вводится поправка на плотность  $K_1=W/W_0$ . W - абсолютная влажность исследуемого газа, г/м<sup>3</sup>;

W<sub>1</sub> - абсолютная влажность газа с d = 0,6 г/м<sup>3</sup>. Содержание влаги в газовых смесях зависит от минерализации пластовой воды, парами которой насыщается газ - поправочный коэффициент на соленость  $K_2=W_c/W_n$  W<sub>c</sub> - при насыщении газа парами соленой воды;

W<sub>n</sub> - пресной K<sub>1</sub> и K<sub>2</sub> могут быть меньше 1 или равны 1. Обобщенное уравнение  $W=(A/P+B)*K_1*K_2$

Для практического определения содержания воды в газе имеется номограмма равновесного влагосодержания природного газа при 20°C и 760 мм.рт.ст. С увеличением плотности газа и содержания солей влагосодержание уменьшается при прочих равных условиях. Присутствие H<sub>2</sub>S и CO<sub>2</sub> в газе повышает влагосодержание природных газов, а N<sub>2</sub> - снижает влагосодержание.

### **Проблемы, обусловленные присутствием воды в газах**

1. Коррозия технологического оборудования. Наличие влаги в газе приводит к тому, что могут протекать коррозионные процессы стального оборудования. Присутствие в газе кислых компонентов усугубляет процессы коррозии за счет образования сероводородной и угольной кислот. 2. Гидратообразование.

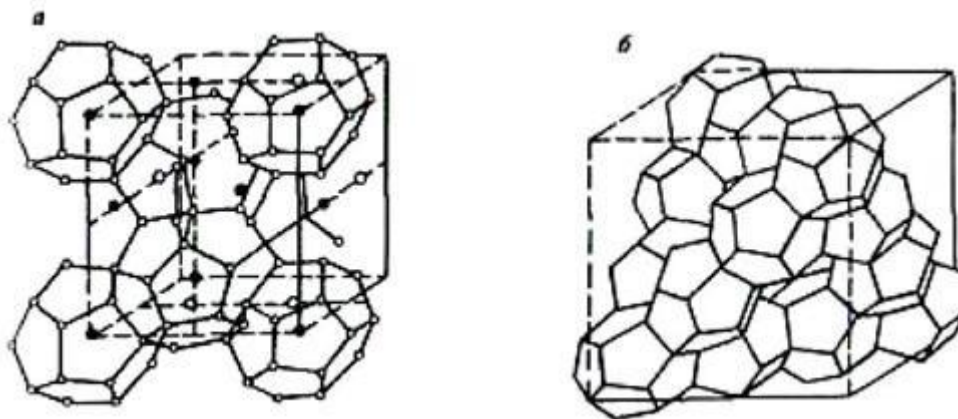
Присутствие воды в газах приводит при определенных условиях к образованию газовых гидратов. Процесс гидратообразования осложняется нарушением технологического режима эксплуатации газодобывающего объекта: повышается давление, снижается пропускная способность.

Условия образования гидратов.

Газовые гидраты - кристаллические соединения, которые могут существовать в стабильном состоянии, являясь химическими соединениями. По внешнему виду гидраты напоминают сухой лед, их можно рассматривать как твердые растворы (имеют К равновесия

Образуются при наличии воды в жидкой фазе. Схема образования гидрата: молекулы воды с помощью водородных связей образуют объемный каркас. Каркас может быть образован из 46 молекул воды и содержит 8 полостей или 136 молекулами воды и содержит 16 малых и 8 больших полостей. В полостях этого каркаса располагаются молекулы газа, способные образовывать гидраты (CH<sub>4</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>, iC<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>), а углеводороды, молекулы которых больше молекулы i-C<sub>4</sub>, не могут проникать

внутри каркаса и не образуют гидратов. Степень заполнения каркаса молекулами гидратообразующих газов определяется для данного состава газа давлением и температурой. Кристаллы гидратов зарождаются на границе раздела фаз - «газ-вода». Гидраты метана, этана, диоксида углерода и сероводорода имеют формулу  $M \cdot 6H_2O$ , для пропана  $C_3H_8 \cdot 18H_2O$ . Гидраты индивидуальных углеводородов сравнительно легко распадаются на газ и воду. Смешанные же гидраты (газ+вода) являются более устойчивыми



Условия образования гидратов также зависят от содержания минеральных солей в воде - при увеличении минерализации воды температура начала гидратообразования уменьшается. Присутствие в газе  $H_2S$  повышает температуру гидратообразования. Для практического руководства имеется диаграмма образования гидратов в зависимости от  $t$  и  $P$ . **Методы борьбы с гидратообразованием:**

1. Изменение термобарических условий переводит газ из насыщенного состояния в ненасыщенное, что исключает выпадение жидкой влаги и образование гидратов. Гидраты, образующиеся в скважинах, шлейфах, газопроводах или аппаратах разрушаются при снижении давления, при разогреве (подогрев газа паром, огневой или горячей водой), а также при вводе ингибиторов гидратообразования - веществ, понижающих температуру гидратообразования.

2. Ингибирование - введение в газовый поток веществ, понижающих температуру гидратообразования. В качестве ингибиторов гидратообразования используют метанол, гликоли, хлористый кальций, аммиак и др. Действие метанола (как и всех других ингибиторов) как ингибитора гидратообразования основано на его высокой растворимости в воде. Он поглощает пары воды из газа и переводит их в раствор, при этом понижается температура точки росы. Метанол собирается в дриппах, затем из дриппов продувается в атмосферу. Если используется гликоль, то он собирается в сепараторе и регенерируется.

Для расчета понижения температуры гидратообразования используется уравнение Гамершмидта

Недостатки метанола как ингибитора гидратообразования: имеет высокое давление насыщенных паров (большие потери), его трудно регенерировать, поэтому его применяют в скважинах, шлейфах, газопроводах.

Расход ингибитора для обеспечения заданного понижения температуры гидратообразования определяется по формуле  $g = (W_1 - W_2) \cdot C_i / (C_0 - C_i)$

где  $W_i$  - влажность газа в местах ввода и вывода ингибитора, г/м<sup>3</sup>  $g$  - удельный расход ингибитора, г/м<sup>3</sup>

$C_i$  - концентрация вводимого и выводимого ингибитора, % масс.

3. Осушка газа (удаление воды из газа) - это наиболее радикальный метод борьбы с гидратообразованием, т.к. он устраняет саму причину этого негативного процесса.

**Вопросы и задания:**

2. Условия гидратообразования
3. Виды осушки газа
4. Методы борьбы с гидратообразованием
5. Коррозия технологического оборудования

**Список литературы:**

1. Вержичинская, С. В. Химия и технология нефти и газа : учеб. пособие / С. В. Вержичинская, Н. Г. Дигуров, С. А. Синицин. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ФОРУМ, 2009. – 400 с.
2. Технология переработки нефти : в 2 ч. : учеб. пособие / [О. Ф. Глаголева, В. М. Капустин, Т. Г. Гюльмисарян [и др.]] ; под ред. О. Ф. Глаголевой, В. М. Капустина, Ч.1, Первичная переработка нефти. – М. : Химия : КолосС, 2005. – 400 с. – Гриф: Доп. МО.
3. Жирнов, Б.С. Первичная переработка нефти : учеб. пособие / Б.С. Жирнов, Н. Г. Евдокимова ; Мин-во образования и науки, ГОУ ВПО Уфимский гос. нефт. техн. ун-т. - Уфа : УГНТУ, 2005. - 167 с. : ил., табл. - Гриф: Доп. УМО.
4. Мановян, А. К. Технология первичной переработки нефти и природного газа : учеб. пособие для вузов / А. К. Мановян. – 2-е изд., испр. – М. : Химия, 2001. – 568 с.

## **Список рекомендуемой литературы**

### **Перечень основной литературы:**

1. Вержичинская, С. В. Химия и технология нефти и газа : учеб. пособие / С. В. Вержичинская, Н. Г. Дигуров, С. А. Сеницин. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ФОРУМ, 2009. – 400 с.

### **Дополнительная литература:**

1. Технология переработки нефти : в 2 ч. : учеб. пособие / [О. Ф. Глаголева, В. М. Капустин, Т. Г. Гюльмисарян [и др.]] ; под ред. О. Ф. Глаголевой, В. М. Капустина, Ч.1, Первичная переработка нефти. – М. : Химия : КолосС, 2005. – 400 с. – Гриф: Доп. МО.
2. Жирнов, Б.С. Первичная переработка нефти : учеб. пособие / Б.С. Жирнов, Н. Г. Евдокимова ; Мин-во образования и науки, ГОУ ВПО Уфимский гос. нефт. техн. ун-т. - Уфа : УГНТУ, 2005. - 167 с. : ил., табл. - Гриф: Доп. УМО.
3. Мановян, А. К. Технология первичной переработки нефти и природного газа : учеб. пособие для вузов / А. К. Мановян. – 2-е изд., испр. – М. : Химия, 2001. – 568 с.

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования**  
**«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ БАКАЛАВРОВ  
ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**  
**Технология переработки углеводородов**

|                            |                                                                                                |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Направление подготовки     | 21.03.01 Нефтегазовое дело                                                                     |
| Направленность (профиль)   | Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки |
| Квалификация выпускника    | бакалавр                                                                                       |
| Форма обучения             | Очно-заочная                                                                                   |
| Изучается в 5, 6 семестрах |                                                                                                |

Ставрополь, 2026

**СОДЕРЖАНИЕ**

|                                                                  |  |
|------------------------------------------------------------------|--|
| ВВЕДЕНИЕ .....                                                   |  |
| ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ БАКАЛАВРОВ .....            |  |
| ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ БАКАЛАВРОВ .....                     |  |
| САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА .....          |  |
| САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ ЗАДАНИЙ.....                          |  |
| ИНЫЕ ФОРМЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ .....                          |  |
| КОНТРОЛЬ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ БАКАЛАВРОВ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМИ ..... |  |
| .....                                                            |  |
| КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ .....         |  |
| СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....                            |  |

## **ВВЕДЕНИЕ**

Целью освоения дисциплины «Технология переработки углеводородов» является формирование профессиональных компетенций будущего бакалавра по направлению подготовки «21.03.01 Нефтегазовое дело», профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»

## **ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ БАКАЛАВРОВ**

Реализация образовательной программы подготовки бакалавров должна обеспечиваться доступом каждого к библиотечным фондам и базам данных, формируемым по полному перечню дисциплин образовательной программы. Библиотека вуза должна иметь достаточное количество современных учебников и учебных пособий по всем циклам дисциплин и постоянно пополняться научной литературой и периодическими изданиями экологического профиля. Во время самостоятельной подготовки обучающиеся должны быть обеспечены доступом к сети Интернет.

Объем времени, отведенный на внеаудиторную самостоятельную работу, находит отражение:

- в рабочем учебном плане – в целом по образовательной программе, по каждому блоку, по дисциплине (модулю);
- в рабочих программах учебных дисциплин (модулей) с распределением по разделам или конкретным темам.

Под самостоятельной работой бакалавров понимается планируемая учебная, учебно-исследовательская, а также научно-исследовательская работа, которая выполняется во внеаудиторное время по инициативе бакалавра или по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Самостоятельная работа проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений обучающихся;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развития познавательных способностей и активности: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности, организованности;
- формирования практических умений и навыков;
- развития исследовательских умений. Задачи самостоятельной работы:
- овладение теоретическими знаниями о современных научно-технических и практических проблемах промышленной экологии;
- формирование опыта собственной поисковой, творческой, научно-исследовательской деятельности.

Самостоятельная работа способствует развитию ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального (в том числе научного)

уровня.

### **ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ БАКАЛАВРОВ**

Основными видами самостоятельной учебной деятельности бакалавров являются:

- 1) предварительная подготовка к аудиторным занятиям, в том числе к тем, на которых будет изучаться новый, незнакомый материал;
- 2) своевременная доработка конспектов лекций;
- 3) подбор, изучение, анализ и, при необходимости, конспектирование рекомендованных литературных источников;
- 4) выяснение наиболее сложных, непонятных вопросов и их уточнение во время консультаций;
- 5) подготовка к зачету или экзамену;
- 6) выполнение собственных научных исследований, либо участие в научных исследованиях, проводимых на кафедре;
- 7) систематическое изучение периодической печати, научных монографий, поиск и анализ дополнительной информации по учебным дисциплинам.

На самостоятельную работу бакалавров, обучающихся по направлению 18.03.01 «Химическая технология», по дисциплине «Технология первичной переработки нефти» отводится 162 астрономических часа.

Виды самостоятельной работы по дисциплине «Технология первичной переработки нефти» могут быть разделены на основные (аудиторные) и дополнительные (внеаудиторные).

Основные виды самостоятельной работы выполняются в обязательном порядке с последующим контролем результатов преподавателем, который проводит практические занятия.

Дополнительные (внеаудиторные) виды самостоятельной работы выполняются по выбору бакалавра и заданию преподавателя без его непосредственного участия. Дополнительные виды самостоятельной работы по дисциплине рекомендуются тем бакалаврам, которые наиболее заинтересованы в изучении дисциплины.

К основным (обязательным) видам самостоятельной работы бакалавров при изучении дисциплины «Технология первичной переработки нефти» относятся:

а) самостоятельное изучение теоретического материала; Дополнительными видами самостоятельной работы являются:

а) подготовка докладов и сообщений для выступления на семинарах; б) участие в ежегодной научно-технической конференции;

Дополнительные виды самостоятельной работы не являются обязательными и выполняются бакалаврами по собственной инициативе с предварительным согласованием с преподавателем, либо при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

## **САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА**

Самостоятельное изучение теоретического материала по дисциплине «Технология первичной переработки нефти» предусмотрено на всём протяжении курса. Такая работа сопровождает лабораторные работы, текущий контроль и промежуточную аттестацию, и в то же время является отдельным видом самостоятельной работы.

Источники для самостоятельного изучения теоретического материала по дисциплине «Технология первичной переработки нефти»:

- учебники по предмету;
- учебные пособия по отдельным темам;
- научные статьи в периодической печати и рекомендованных сборниках;
- научные монографии.

Умение бакалавров быстро и правильно подобрать литературу, необходимую для выполнения учебных заданий и научной работы, является залогом успешного обучения. Самостоятельный подбор литературы осуществляется при подготовке к практическим занятиям, при написании научных рефератов.

Выполнение самостоятельной работы на занятиях с проверкой результатов преподавателем позволяет бакалаврам усваивать изучаемый материал более глубоко.

## **САМОСТОЯТЕЛЬНОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ ЗАДАНИЙ**

Задания для самостоятельной работы преимущественно содержатся в учебно- методическом комплексе дисциплины (практикум). Сдача выполненного задания производится преподавателю, ведущему практические занятия, в установленные сроки.

## **ИНЫЕ ФОРМЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

К иным формам самостоятельной работы бакалавров относятся: подготовка сообщений, докладов, выступлений на «круглых столах», семинарах, конференциях. Если преподаватель поручил бакалавру подготовить доклад к семинару, сообщение или иное выступление, то самостоятельная работа по их написанию может проходить в следующей последовательности.

1. Нужно подобрать литературу, проконсультироваться у преподавателя по содержанию предстоящего доклада (выступления).
2. Необходимо изучить литературу, сгруппировать материал и составить подробный план доклада (выступления).
3. Следует написать полный текст доклада (выступления). Для выступления с докладом обычно отводится 10-12 минут, поэтому все содержание доклада должно быть не более 7-10 страниц.
4. Бакалавру рекомендуется продумать методику чтения доклада. При

возможности следует подготовить доклад с презентацией или раздаточным материалом.

5. Важно потренироваться в чтении доклада.

### **КОНТРОЛЬ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ БАКАЛАВРОВ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМИ**

Оценка самостоятельной работы бакалавра влияет на итоговую оценку по дисциплине

«Технология первичной переработки нефти» следующим образом: во-первых, оценка самостоятельной работы учитывается в такой форме текущего контроля, как опрос на занятиях; во-вторых, самостоятельная работа по предмету поощряется, и преподаватель может использовать (и, как правило, использует) оценку самостоятельной работы в качестве поощрительной составляющей на зачете или экзамене; в спорных моментах оценка самостоятельной работы может разрешить ситуацию в пользу обучающегося.

Контроль самостоятельной работы бакалавров предусматривает:

- соотнесение содержания контроля с целями обучения;
- объективность контроля;
- валидность контроля (соответствие предъявляемых заданий тому, что предполагается проверить);
- дифференциацию контрольно-измерительных материалов.

Основными формами контроля самостоятельной работы бакалавра преподавателями являются:

1. просмотр и проверка продукта самостоятельной работы преподавателем;
2. самопроверка, взаимопроверка выполненного задания в группе;
3. обсуждение результатов выполненной работы на занятии;
4. письменный опрос;
5. индивидуальное собеседование;

### **КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

Независимо от вида самостоятельной работы критериями оценки самостоятельной работы могут считаться:

- уровень освоения бакалавром учебного материала;
- умение бакалавра использовать теоретические знания при выполнении практических задач;
- умение бакалавра активно использовать электронные образовательные ресурсы, находить информацию, изучать ее и применять на практике;
- умение ориентироваться в потоке информации, выделять главное;
- обоснованность и четкость изложения материала;
- оформление материала в соответствии с требованиями.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Перечень основной литературы:

1. Вержичинская, С. В. Химия и технология нефти и газа : учеб. пособие / С. В.

Вержичинская, Н. Г. Дигуров, С. А. Сеницин. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : ФОРУМ, 2009. – 400

с.

### Дополнительная литература:

1. Технология переработки нефти : в 2 ч. : учеб. пособие / [О. Ф. Глаголева, В. М. Капустин, Т. Г. Гюльмисарян [и др.]] ; под ред. О. Ф. Глаголевой, В. М. Капустина, Ч.1, Первичная переработка нефти. – М. : Химия : КолосС, 2005. – 400 с. – Гриф: Доп. МО.

2. Жирнов, Б.С. Первичная переработка нефти : учеб. пособие / Б.С. Жирнов, Н. Г. Евдокимова ; Мин-во образования и науки, ГОУ ВПО Уфимский гос. нефт. техн. ун-т. - Уфа : УГНТУ, 2005. - 167 с. : ил., табл. - Гриф: Доп. УМО.

3. Мановян, А. К. Технология первичной переработки нефти и природного газа : учеб. пособие для вузов / А. К. Мановян. – 2-е изд., испр. – М. : Химия, 2001. – 568 с.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению курсового проекта  
по дисциплине «Технология переработки углеводородов»  
для студентов направления 21.03.01 «Нефтегазовое дело»,  
направленность (профиль) «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта  
и хранения нефти, газа и продуктов переработки»;  
очно-заочная форма обучения

Ставрополь, 2026

## Введение

При изучении дисциплины «Технология переработки углеводородов», в рамках подготовки бакалавров по направлению: 21.03.01 Нефтегазовое дело профиль «Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки», студенты должны не только прослушать теоретический курс и решить определенный набор типовых задач.

Целью настоящих методических указаний является оказание помощи студентам при выполнении курсового проекта, связанного с переработкой углеводородов.

### 1. Цель, задачи и реализуемые компетенции

Целью курсового проекта является дальнейшее углубление и укрепление знаний студентов в области переработки углеводородов. Курсовой проект способствует формированию правильного понимания процесса переработки углеводородов, приобретению навыков самостоятельного изучения теоретического материала и практического использования основополагающих технических и технологических моментов оборудования при переработке углеводородов в профессиональной работе.

В курсовом проекте студент сможет сформулировать и обосновать собственные выводы.

В результате освоения дисциплины «Технология переработки углеводородов» формируются следующие компетенции:

#### ПК-9

Готовность участвовать в работе научных конференций и семинаров в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности.

### 2. Формулировка задания

Задачей теоретической части является структурировать знания по основам переработки углеводородов. В теоретической части необходимо рассмотреть вопросы: Ресурсы, добыча и переработка энергоносителей. Состояние и тенденции развития мировой топливно-энергетической системы. Состав нефти и газоеонденсата. Состав нефти. Методы определения фракционного состава нефти. Физико-химические свойства нефтей и нефтепродуктов. Методы подготовки нефти к переработки. Технологии подготовки нефти. Методы разделения нефти перегонка (ректификация). Азеотропная перегонка. Абсорбция. Адсорбция. Кристаллизация. Перегонка нефти с ректификацией. Атмосферная переработка нефти и газоконденсата стабилизация нефти требования к нефти обезвоживание и обессоливание нефти электродегидратор. Варианты перегонки нефти до мазута. Однократное испарение. Двукратное испарение. Трёхкратное испарение. Четырёхкратное испарение. Вакуумная перегонка мазута. Основное назначение вакуумной перегонки мазута топливного профиля. Вакуумная перегонка мазута масляного профиля Процесс вакуумной перегонки. Вторичная перегонка дистиллятов.

Очистка дистиллятов. Повторная перегонка. Материальный баланс первичной перегонки нефти. Материальные расчеты химико-технологических процессов. Показатели качества работы установок. Пример составления материального баланса. Тепловой баланс первичной перегонки нефти. Показатели качества работы установок пример составления материального баланса. Управление процессами перегонки нефти. Информационно-измерительная подсистема. Подсистема технологического управления. Подсистема промышленной безопасности. Переработка гудрона Пиролиз. Гидрокрекинг. Флексикокинг.

Курсовой проект позволяет закреплять теоретические знания студентов, формировать у них умение применять знания при решении прикладных задач, подготавливает к выполнению ВКР и к самостоятельной работе по избранному направлению, способствует развитию творческих способностей и освоению профессиональных компетенций.

Курсовой проект по дисциплине «Технология переработки углеводородов» представляет собой самостоятельную учебно-исследовательскую работу студента, являясь важным элементом учебного процесса.

Настоящие методические рекомендации разработаны в соответствии с учебным планом и программой курса. Они определяют цели, основную тематику, объем, структуру и содержание курсового проекта, требования к нему, порядок оформления, выполнения и защиты курсового проекта.

Работа над курсовым проектом начинается с анализа задания на курсовой проект. Качество выполнения проекта во многом определяется степенью понимания студентом поставленных перед ним задач. Все возникающие сомнения должны устраняться проработкой соответствующей литературы и консультациями с преподавателем.

Написание курсового проекта предполагает изучение литературных источников и подбор иллюстративного материала. В первую очередь целесообразно обращаться к учебным пособиям и нормативной литературе, которые в системном порядке излагают основное содержание курса. Особое внимание следует уделить изучению содержания основополагающих теоретических и практических вопросов переработки углеводородов. При изучении монографий, журнальных статей, другой специальной литературы по вопросам, непосредственно относящихся к теме курсового проекта, необходимо составить конспект, излагая содержание своими словами. Такой подход позволит обеспечить правильное понимание изученного материала, а также даст возможность самостоятельно изложить содержание курсового проекта.

Примерные темы курсового проекта:

1. Методы определения фракционного состава нефти.
2. Физико-химические свойства нефтей и нефтепродуктов.
3. Методы подготовки нефти к переработки.
4. Технологии подготовки нефти.
5. Методы разделения нефти перегонка (ректификация).

6. Азеотропная перегонка. Абсорбция. Адсорбция. Кристаллизация.
7. Перегонка нефти с ректификацией.
8. Атмосферная переработка нефти и газоконденсата стабилизация нефти требования к нефти обезвоживание и обессоливание нефти электродегидратор.
9. Варианты перегонки нефти до мазута.
10. Однократное испарение. Двукратное испарение. Трёхкратное испарение. Четырёхкратное испарение.
11. Вакуумная перегонка мазута.
12. Основное назначение вакуумной перегонки мазута топливного профиля. Вакуумная перегонка

### 13.3 Структуры работы

Расчетно-пояснительная записка курсового проекта должна содержать следующие структурные элементы:

- титульный лист (Приложение 1);
- текст задания курсового проекта (Приложение 2);
- содержание (перечислить все разделы пояснительной записки с указанием номеров страниц);
- введение (указать особенности трубопроводного транспорта; сформулировать цель разработки);
- теоретическая часть (привести общие сведения о газонефтепроводах, описать их сущность и назначение; указать перспективы развития трубопроводного транспорта газа, нефти и нефтепродуктов);
- расчетная часть (в соответствии с основными этапами расчета газонефтепровода, изложенными в разделе 4 настоящих методических указаний). Все расчеты необходимо проводить на основании Международной системы единиц (СИ).
- заключение (выводы и предложения; привести численные значения величин, характеризующих основные этапы расчета);
- список использованных источников (в соответствии с ГОСТ 7.1–2003;).

При оформлении расчетно-пояснительной записки следует придерживаться правил для составления отчета о научно-исследовательской работе, изложенных в ГОСТ 7.32–2001.

## 4 Общие требования к написанию и оформлению работы

Предпочтительной формой изложения в научно-технической литературе является безличная форма. К личной форме (во множественном числе) допускается прибегать только при построении логических выводов, при описании математического решения задачи. Например: «Рассмотрим конструкцию, представленную на рисунке 3...»; «В уравнении (2) при условии (3)..., получим ...».

Чтобы изложение было четким и ясным, писать следует простыми, короткими предложениями, избегая множества причастных и деепричастных оборотов.

Каждую новую мысль нужно начинать с нового абзаца.

При написании курсового проекта необходимо исключать лишние слова, штампы и т.п., часто употребляемые в устной речи. Однако в этом стремлении следует знать меру и помнить, что вводные слова: «следовательно», «действительно», «с одной стороны», «с другой стороны», «напротив» и т.п. - помогают читающему курсовой проект следить за последовательностью изложения мыслей, логикой рассуждений.

В тексте курсового проекта не допускается:

- использовать произвольные сокращения слов и словосочетаний. Допустимы только общепринятые в русском языке сокращения типа «т.е.», «в т.ч.», «и т.д.», «и т.п.» и др. (ГОСТ 7.12-93). Если в тексте часто встречается какое-то понятие, выраженное группой слов, то его можно заменять аббревиатурой, вводимой после первого употребления в круглых скобках, например: «...трубопроводная арматура (ТА)...»;

- применять индексы стандартов (ГОСТ, ОСТ, ТУ и др.) без регистрационного номера. Следует писать: «по стандарту...» или «по ГОСТ 2.105-79...»;

- употреблять в тексте без цифр математические знаки ( $-$ ,  $+$ ,  $=$ ,  $<$ ,  $>$ ), а также знаки  $\%$ , №. Вместо этих знаков следует писать соответствующие слова (минус, плюс, равно, меньше, больше, процент, номер);

- применять для одного и того же понятия различные термины, близкие по смыслу (синонимы);

- сокращать обозначения единиц физических величин (ЕФВ) если они употребляются без цифр, за исключением ЕФВ в головках и боковиках таблиц и в расшифровке буквенных обозначений, входящих в формулы.

ЕФВ одного и того же параметра в пределах всей ВКР должна быть постоянной. Все ЕФВ должны соответствовать ГОСТ 8.417-84 «Единицы физических величин». Если в тексте ПЗ приводится ряд численных значений, выраженных в одной и той же ЕФВ, то её указывают только после последнего численного значения, например: 1,50; 1,75; 2,00 м (разрядность чисел должна быть одинаковой).

В тексте курсового проекта числа с размерностью следует писать цифрами, а без размерности - словами, например: «Зазор - не более 2 мм...», «Катушку пропитать два раза.»

Если в тексте курсового проекта, а также в надписях на чертежах, необходимо указывать интервал (пределы изменения) численных значений какого-либо параметра, то между числами следует ставить многоточие (три точки), в курсовом проекте можно использовать слова «от» и «до». Например: 58...63 НРС, «... мощность пласта от 1,5 до 2,3 м...».

#### 4.1 Технические вопросы оформления курсового проекта

Текст курсового проекта выполняют с использованием компьютера на одной стороне листа белой бумаги, формата А4, шрифт - Times New Roman 14-го размера, межстрочный интервал - 1,5. Содержание, расположение и размеры граф основной надписи, дополнительных граф к ней представлены в приложении 3. Номер страницы проставляют в правом нижнем углу листа. Страницы текстового материала следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему документу. Обязательные бланки (титульный лист, задание) текстового документа включают в общую нумерацию страниц, номера страниц проставляются с содержания. Текст пояснительной записка должен иметь: поля: верхнее – 20 мм, нижнее – 20 мм, левое – 30 мм, правое – 10 мм. Размер абзацного отступа должен быть одинаковым по всему тексту работы и равным 12,5 мм. Выравнивание текста - двустороннее (по ширине).

Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего курсового проекта, обозначенные арабскими цифрами. Каждый раздел следует начинать с нового листа. Подразделы должны иметь нумерацию в пределах каждого раздела. Номера подразделов состоят из номера раздела и подраздела, разделенных точкой. В конце номера подраздела точка не ставится. Нумерация пунктов должна состоять из номера раздела, подраздела и пункта, разделенных точкой. Заголовок разделов, подразделов и пунктов следует печатать с абзацного отступа или по центру, с прописной буквы, без точки в конце, не подчеркивая. Переносы слов в заголовках не допускаются. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой. Заголовки структурных элементов располагают симметрично тексту и отделяют от текста интервалом в одну строку. Расстояние между заголовком и текстом должно быть не менее 2 интервалов, расстояние между заголовками раздела и подраздела – 1 интервала.

## 4.2 Оформление иллюстраций

Иллюстрации (схемы, чертежи, графики, диаграммы, фотографии) обозначают словом "Рисунок" и нумеруют последовательно арабскими цифрами в пределах всей курсовой работы, за исключением иллюстраций, приведенных в приложениях.

Иллюстрации, должны иметь наименование и пояснительные данные (подрисуночный текст). Слово «Рисунок» и его наименование помещают после пояснительных данных к рисунку и располагают следующим образом:

Рисунок 1 – Детали прибора

Листы с расположенными на них иллюстрациями и таблицами, включают в общую нумерацию страниц КР.

Иллюстрации и таблицы на листе формата А3 учитывают как одну страницу.

Количество иллюстраций должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста.

Нумерация рисунков выполняется арабскими цифрами и должна включать номер раздела и порядковый номер иллюстрации в разделе,

разделенные точкой или сквозной по все пояснительной записке. Ссылки на рисунки в тексте дают по типу: «... в соответствии с рисунком 1.3», «... показано на рисунке 2.2» и т.п.

Иллюстрацию располагают после первой ссылки на неё и так, чтобы её было удобно рассматривать: без поворота документа или с поворотом по часовой стрелке.

Рисунок должен следовать сразу после ссылки на него в тексте или на ближайшей странице.

### 4.3 Оформление таблиц

Цифровой материал, как правило, должен оформляться в виде таблиц.

Каждая таблица должна иметь заголовок, который следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа в одну строку с её номером через тире.

При переносе части таблицы название помещают только над первой частью таблицы, нижнюю горизонтальную черту, ограничивающую таблицу, не проводят.

Заголовки строк и граф таблицы должны начинаться с прописных букв, подзаголовки - со строчных, если они составляют одно предложение с заголовком, и с прописных, если они самостоятельные.

Таблицу размещают после первого упоминания о ней в тексте таким образом, чтобы её можно было читать без поворота ПЗ или с поворотом по часовой стрелке. Таблицу с большим количеством строк допускается переносить на другие страницы, при этом заголовок таблицы не повторяют, а над другими частями таблицы пишут слово "продолжение" и указывают номер таблицы. Например: "Продолжение таблицы 2". Таблицу с большим количеством граф допускается делить на части и помещать одну часть под другой в пределах одной страницы.

Если повторяющийся в разных строках графы таблицы текст состоит из одного слова, то его после первого написания допускается заменять кавычками; если из двух и более слов, то при первом повторении его заменяют словами «То же», а далее — кавычками. Ставить кавычки вместо повторяющихся цифр, марок, знаков, математических и химических символов не допускается. Если цифровые или иные данные в какой-либо строке таблицы не приводят, то в ней ставят прочерк.

### 4.4 Правила оформления списка использованных источников

Список использованных источников должен быть оформлен в соответствии с ГОСТ 7.1–2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание», ГОСТ 7.82–2001 «Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов».

Примеры библиографического описания различных источников:

– книги с одним автором (запись под заголовком);

Томас, Д. Приключения со сменой кожи : пер. с англ. / Д. Томас. – СПб. : Азбука-классика, 2001. – 666. [4] с.

Атаманчук, Г. В. Сущность государственной службы: История, теория, закон, практика / Г. В. Атаманчук. – М. : РАГС, 2003. – 268 с.

– книги с двумя авторами (запись под заголовком);

Глушаков, С. В. Самоучитель для работы на персональном компьютере : [Windows 98, Word 2000, Excel 2000, Internet] : учеб. курс / С. В. Глушаков, А.С. Сурядный. – М. : АСТ ; Фолио, 2002. – 275 с. : ил., табл.

Бочаров, И. Н. Кипренский / И. Н. Бочаров, Ю. Глушакова. – 2-е изд., знач. доп. – М. : Молодая гвардия, 2001. – 390 с., [24] л. ил. ; 21 см.

– книги трех авторов (запись под заголовком);

Иванов, А. И. Математика : учеб. для вузов / А. И. Иванов, Б. И. Петров, И. Б. Болимов ; под ред. А. И. Иванова [и др.]. – М. : Рассвет, 2004. – 324 с. : ил.

Агафонова, Н. Н. Гражданское право : учеб. пособие для вузов / Н. Н. Агафонова, Т. В. Богачева, Л. И. Глушакова ; под общ. Ред. А. Г. Калпина ; авт. вступ. ст. Н. Н. Поливаев : М-во общ. и проф. Образования РФ. Моск. гос. юрид. акад. – Изд. 2-е, перараб. и доп. – М. : Юристъ, 2002. – 542 с.

Аяцков, Д. Ф. Кадровый потенциал органов местного самоуправления: проблемы и опыт оценки / Д. Ф. Аяцков, С. Ю. Наумов, Е. Н. Суетенков; РАН при Президенте РФ. ПАГС. – Саратов: ПАГС, 2001. – 135 с.

– книги четырех авторов (запись под заглавием);

Современная информатика: наука, технология, деятельность / Р. С. Гиляровский [и др.] ; под ред. Ю. М. Арского. – М., 1997. – 211 с.

Управленческая деятельность: структура, функции, навыки персонала / К. Д. Скрипник [и др.]. – М. : Приор, 1999. – 189 с.

– 5 и более авторов (запись под заглавием);

Моделирование систем : учеб. пособие для направления 651900 «Автоматизация и управление» / Б. К. Гришутин, А. В. Зарщиков, М. В. Земцев и [др.] ; М-во образования Рос. Федерации, Моск. гос. ун-т печати (МГУП). – М. : МГУП, 2001. – 90 с. : ил.

Управление персоналом : учеб. пособие / С. И. Самыгин [и др.] ; под ред. С. И. Самыгина. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2001. – 511 с.

– стандарты;

ГОСТ Р 517721-2001. Аппаратура радиоэлектронная бытовая. Входные и выходные параметры и типы соединений. Технические требования. – Введ. 2002-01-01. – М. : Госстандарт России : Изд-во стандартов, 2001. – IV, 27 с. : ил.

– неопубликованные документы;

– отчеты о научно-исследовательской работе;

Формирование генетической структуры стада : отчет НИР (промежуточ.) : 42-44 / Всерос. науч.-исслед. ин-т животноводства ; рук. Попов В. А. ; исполн.: Алешин Г. П. [и др.]. – М., 2001. – 75 с.

– диссертации;

Вишняков, И. В. Модели и методы оценки коммерческих банков в условиях неопределенности : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.13 : защищена 12.02.02 : утв. 24.06.02 / Вишняков Илья Владимирович. – М., 2002. – 234 с. – Библиогр.: с. 220-230.

– статьи из сборников;

Двинянинова, Г. С. Комплимент: Коммуникативный статус или стратегия в дискурсе / Г. С. Двинянинова // Социальная власть языка : сб. науч. тр. / Воронеж. межрегион. ин-т обществ. наук, Воронеж. гос. ун-т, Фак. романо-герман. истории. – Воронеж, 2001. – С. 101-106.

Захаров, В. А. Вклад ученых академии аграрную науку и производство / В. А. Захаров // Сб. науч. тр. ученых Рязанской ГСХА (160-летию профессора П. А. Костычева посвящается). – Рязань, 2005. – С. 3-8.

– статьи из журналов;

Ивашкевич, В. Б. Повышение прозрачности информации о ценных бумагах / В. Б. Ивашкевич, Ф. И. Харисова // Финансы. – 2005. – N 3. – С. 16-17.

Брусенцов, Н. П. Компьютеры и обучение / Н. П. Брусенцов, Ю. С. Владимирова, Х. Р. Альварес // Вестник Московского университета. Серия 20, Педагогическое образование. – 2005. – N 1. – С. 102-105.

– описание официальных материалов;

О базовой стоимости социального набора: Федеральный закон от 4 февраля 1999 года N 21-ФЗ // Российская газета. – 1999. – 11 февраля. – С. 4.

О правительственной комиссии по проведению административной реформы: Постановление Правительства РФ от 31 июля 2003 N 451 // Собрание законодательства РФ. – 2003. – N 31. – Ст. 3150.

Библиографический список составляет одну из существенных частей научной работы, отражающей самостоятельную творческую работу ее автора, и потому позволяющий судить о степени фундаментальности проведенного исследования. В библиографический список не включают источники те источники, на которые нет ссылок в основном тексте, и которые фактически не были использованы при написании работы.

Порядок построения списка определяется самим автором. Наиболее распространенными способами расположения материала в списке литературы являются: алфавитный, в порядке появления ссылок и упоминания в тексте, хронологический, тематический, по видам изданий, по характеру содержания описанных в нем источниках, списки смешанного построения.

## 5. Последовательность выполнения задания

Написание курсового проекта следует начать с изучения литературных источников. Информационной базой для выполнения курсового проекта являются научная литература по выбранной теме исследования; учебники и учебные пособия, которые в системном порядке излагают основные проблемные и актуальные вопросы эксплуатации и обслуживания объектов добычи нефти.

Для руководства курсового проекта кафедра выделяет руководителя, который регистрирует тему, утверждает содержание проекта, консультирует студента в процессе подготовки, проверяет работу, организует защиту. Проект допускается к защите на основании положительного отзыва руководителя.

Выполненный курсовой проект регистрируется на кафедре «Разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений» строго в срок, согласно календарному графику учебного процесса. Курсовой проект проверяется и оценивается руководителем и защищается студентом.

## 6 Критерии оценивания работы

Оценка «отлично» выставляется студенту, если теоретическая составляющая курсового проекта изложена полностью, без пробелов, необходимые компетенции сформированы, исчерпывающе, последовательно, студент четко и логически стройно излагает материал курса, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, использует в ответе дополнительный материал, все предусмотренные курсовым проектом учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному. Защита сопровождается презентацией, студент свободно владеет материалом.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если теоретическая составляющая курсового проекта изложена полностью, необходимые компетенции в основном сформированы, все предусмотренные курсовым проектом задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое. Студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если теоретическая составляющая курсового проекта изложена частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые компетенции в основном сформированы, большинство предусмотренных курсовым проектом заданий выполнено, но в них имеются ошибки, при ответе на поставленный вопрос студент допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, наблюдаются нарушения логической последовательности в изложении программного материала.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями отвечает на заданные вопросы, необходимые компетенции не сформированы, большинство предусмотренных курсовым проектом заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному.

## 7 Порядок защиты работы

Защита курсового проекта является обязательной формой проверки выполнения работы. Защита производится специальной комиссией, утверждаемой директором института, состоящей обычно из 3 преподавателей кафедры, при непосредственном участии руководителя, в присутствии студентов. Результаты наиболее интересных курсовых проектов могут быть доложены на научных конференциях.

Защита состоит в коротком докладе студента по выполненной работе и в ответах на вопросы присутствующих на защите. Научный руководитель зачитывает отзыв на курсовой проект студента (Приложение 3).

Результаты защиты курсового проекта, согласно действующему Положению о текущем контроле и промежуточной аттестации в СКФУ, оцениваются дифференцированной отметкой по пятибалльной системе. Оценка курсового проекта заносится в зачетную книжку студента и зачетно-экзаменационную ведомость, составляемую в 2-х экземплярах, один из которых хранится на кафедре в течение всего срока обучения студента, другой представляется в дирекцию института (филиала).

Защита курсовых проектов, предусмотренных учебным планом, проводится не позднее, чем за две недели до начала зачетно-экзаменационной сессии.

Студент, не представивший в установленный срок курсовой проект или не защитивший ее по неуважительной причине, считается имеющим академическую задолженность.

Курсовые проекты, представляющие теоретический и практический интерес, следует представлять на конкурс в студенческие научные общества, конференции, отмечать приказом по университету.

Выполненные проекты после их защиты должны храниться на кафедре в течение 2 лет, не считая года написания; затем работы, не представляющие для кафедры интерес, уничтожаются по акту

#### Список рекомендуемой литературы

1. Тагиров К.М. Эксплуатация нефтяных и газовых скважин. – М: Академия, 2012. – 346 с.
2. Разработка нефтяных и газовых месторождений: Учебное пособие / А.К.Ягафаров, И.И.Клещенко, Г.П.Зозуля, Ю.В.Зейгман, М.К.Рогачев, Г.А.Шлеин. - Тюмень: ТюмГНГУ, 2010. – 396 с.
3. Ерёмин Ал. Н., Ерёмин Ан. Н., Ерёмин Н.А. Управление разработкой интеллектуальных месторождений нефти и газа. Учебное пособие для вузов в 2 кн. - Книга 2, 2012г. – 165 с.
4. Щуров В.И. Технология и техника добычи нефти: Учебник для вузов (изд:3.) – М.: Альянс, 2010 – 510 с.
5. Кудинов В.И. Интенсификация добычи вязкой нефти из карбонатных коллекторов/ Кудинов В.И., Сучков Б.М. Интенсификация добычи вязкой нефти из карбонатных коллекторов. – Самара: Кн. Изд-во, 1996. – 440 с.

6. Сучков Б.М. Добыча нефти из карбонатных коллекторов. Москва-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2005. - 688 с.

7. Мищенко И. Т. Скважинная добыча нефти. – М.: Изд. «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2003.

8 Справочник по добыче нефти / В. В. Андреев, К. Р. Уразаков, В. У. Далимов и др.; Под ред. К. Р. Уразакова. - М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2000. – 374 с.

9. Ибрагимов Л.Х. Интенсификация добычи нефти/ Л.Х. Ибрагимов, И.Т. Мищенко, Д.К. Челоянц. Интенсификация добычи нефти. – М.: Наука, 2000.

#### Список литературы

1. Муравьев И.М., Крылов А.П. «Эксплуатация нефтяных месторождений». М., Гостоптехиздат, 1949 г.

2. Муравьев И.М. и др. «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений». М., «Недра», 1970 г.

3. Муравьев И.М. и др. «Технология и техника добычи нефти и газа». М., «Недра», 1971 г.

4. Муравьев И.М., Репин Н.М. «Исследование движения многокомпонентных смесей в скважинах». М., «Недра», 1972 г.